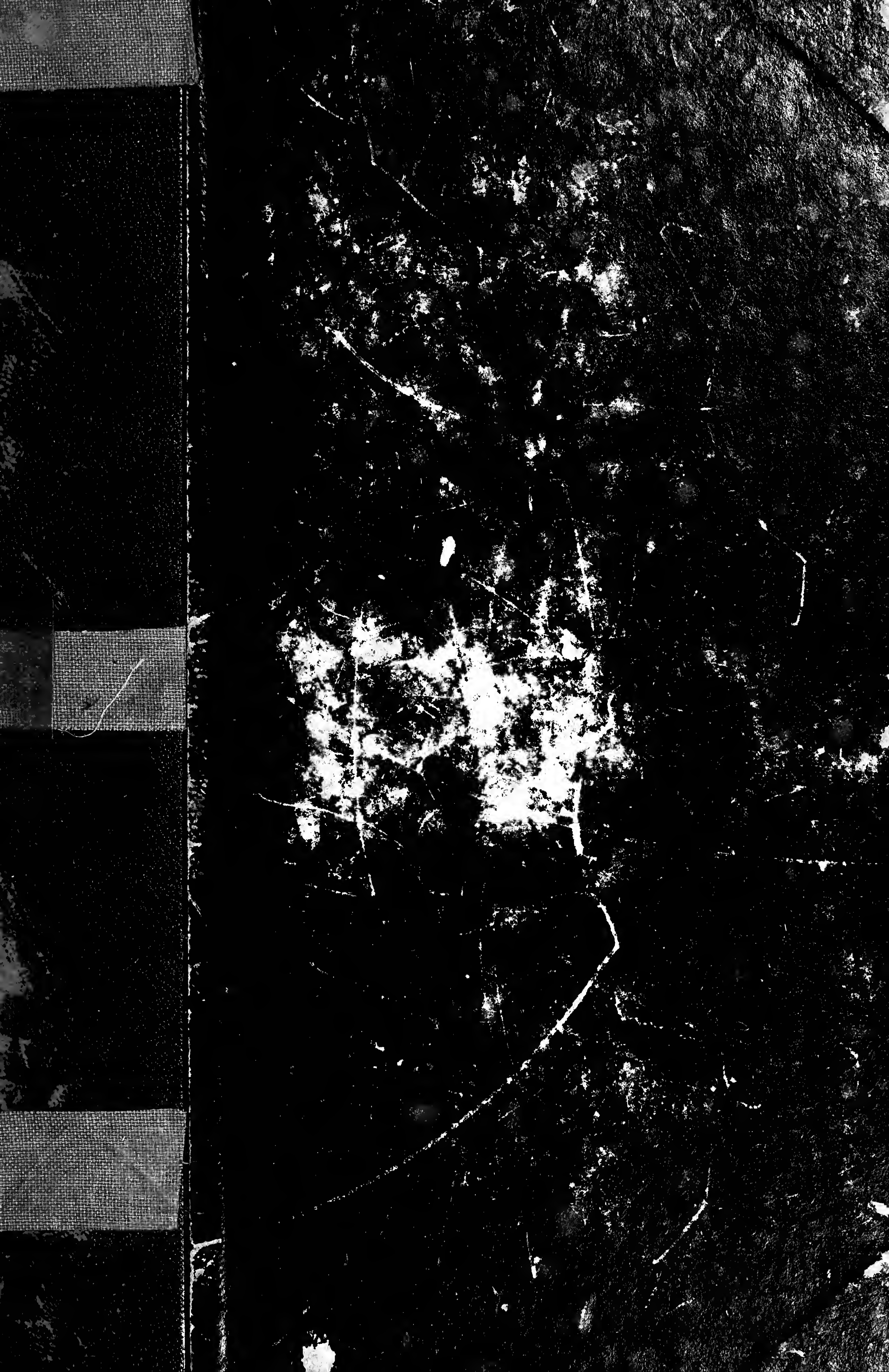
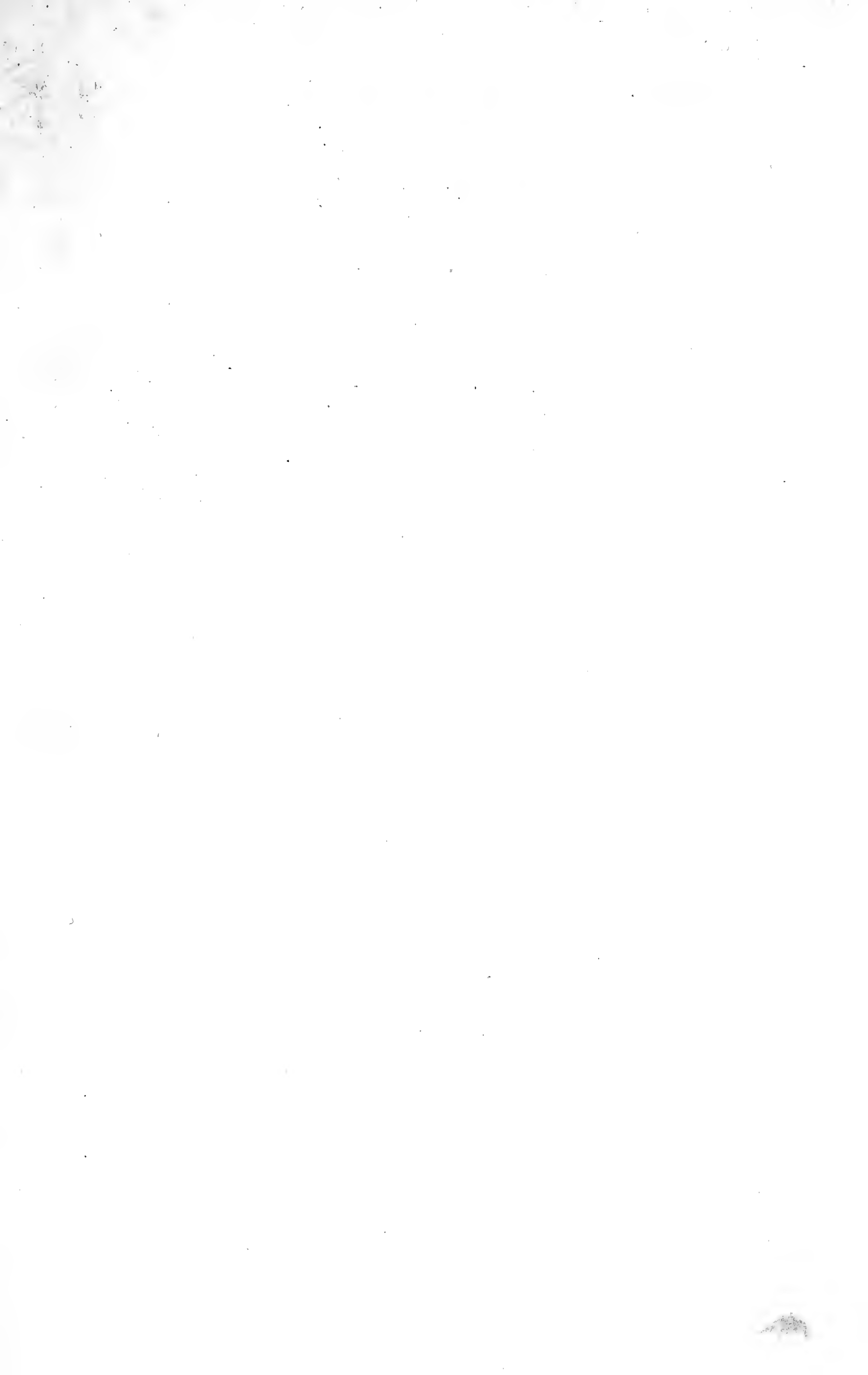








FLORA

ODER

ALLGEMEINE BOTANISCHE ZEITUNG.

FRÜHER HERAUSGEGEBEN

VON DER

KGL. BAYER. BOTANISCHEN GESELLSCHAFT IN REGENSBURG.

86. BAND. — JAHRGANG 1899.

HERAUSGEBER: Dr. K. GOEBEL

Professor der Botanik in München.

Mit XXI Tafeln und 67 Textfiguren.

MARBURG.

N. G. ELWERT'SCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG.

1899.

Inhaltsverzeichniss.

I. Abhandlungen.

II. Abbildungen.

A. Tafeln.

B. Textfiguren.

III. Litteratur.

IV. Eingegangene Litteratur.

Heft I (S. 1—112) erschien am 28. Januar 1899, Heft II (S. 113—240) am 20. Mai 1899, Heft III (S. 241—328) am 3. August 1899, Heft IV (S. 329—396) am 14. Oktober 1899, Heft V (S. 397—472) am 19. Dezember 1899.

Beitrag zur Kenntniss der Hemiasci.

Von

Canna M. L. Popta.

Einleitung.

Die Pilze, welche heute die Gruppe der Hemiasci bilden, haben im Laufe der Zeit sehr verschiedene Stellung im System eingenommen. De Bary[1]) hat im Jahre 1865 eine eingehende Untersuchung über *Protomyces macrosporus U.* gemacht; dort stellte er denselben den Ascomyceten[2]) zur Seite als einfachste Ascomycetenform. Zwanzig Jahre später weicht er aber wieder von diesem richtigen Gedanken ab und reiht den Pilz, obwohl in seinem Entwickelungsgange nicht übereinstimmend, den Ustilagineen[3]) an. Schröter[4]) lässt Protomyces mit Endogone den Zygomyceten und Oomyceten als eine selbständige Ordnung Protomycetes folgen. Thelebolus, der heute ebenfalls zu den Hemiasci gezogen wird, ist in Rabenhorst's Kryptogamenflora von Rehm[5]) bei den *Pseudoascoboleae* unter den *Pezizaceae* angeführt. Mehr Beispiele will ich nicht anführen. Wo aber diese Pilze auch untergebracht wurden, nirgends liessen sie sich recht gut einreihen, bis Brefeld[6]) auf den Gedanken kam, sie zu einer selbständigen Gruppe zu vereinigen, der er eine Mittelstellung gab zwischen den Phycomyceten und den Ascomyceten. In dieser neu begründeten Gruppe brachte Brefeld folgende drei Gattungen: *Ascoidea Brefeld und Lindau, Protomyces Thümen* und *Thelebolus Tode,* zu welchen später durch andere Forscher noch mehrere hinzukamen, wie z. B.: *Endogone Link, Dipodascus de Lagerheim, Oscarbrefeldia Holterman.* Brefeld[7]) sagt von seiner neu begründeten Gruppe: „Nur allein in einer

---

1) Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft Bd. V pag. 139.

2) l. c. pag. 169.

3) Morphologie der Pilze pag. 185.

4) Pilze Schlesiens pag. 259.

5) Rabenhorst, Kryptogamenflora, Discomyceten pag. 1106.

6) Unters. aus dem Gesammtgeb. der Mycologie, Heft IX, 1891, pag. 91—118.

7) l. c. pag. 93.

mehr charakteristischen Gestaltung des Sporangiums bei geringeren Formschwankungen und in einer bestimmteren Formbildung der Sporen kann der besondere Charakter der Formen im Vergleich zu den sporangientragenden einfacheren Formen der Phycomyceten und damit zugleich auch zu den ascenbildenden und darum höheren Ascomyceten ausgeprägt sein. Jedenfalls stimmen die Sporangien weniger noch mit den Ascen der Ascomyceten als mit den Sporangien der Phycomyceten überein, und da diese grössere Uebereinstimmung in der Fructification mit den niederen algenähnlichen Pilzen unleugbar besteht, so ist es von nicht zu unterschätzender Wichtigkeit, dass in den vegetativen Zuständen gerade das Umgekehrte der Fall ist, dass hier eine ebenso unverkennbare Abweichung von den niederen Pilzen und eine Uebereinstimmung mit den Formen der Ascomyceten hervortritt." — „Es zeigt sich nun, dass die hier in Betracht kommenden hemiascen Formen, die also in ihren Sporangien eine Mittelstellung zwischen den Sporangien der niederen und den Ascen der höheren Pilze einnehmen, in ihrem Vegetationskörper den Charakter der höheren Pilze, also der Ascomyceten, tragen."

Meine Aufgabe ist nun, die Sporenbildung bei den Hemiasci näher zu verfolgen, um zu sehen, ob sie in dieser Hinsicht mehr Uebereinstimmung mit den Asci der Ascomyceten oder mit den Sporangien der Phycomyceten zeigen. Zur Untersuchung stand mir zur Verfügung *Ascoidea rubescens Brefeld und Lindau,* welche ich durch die Güte von Herrn Prof. Dr. Brefeld aus Münster bekam, *Protomyces macrosporus Unger* auf *Aegopodium Podagraria L.* und *Protomyces Bellidis Krieger* auf *Bellis perennis L.,* für die ich Herrn Krieger in Königstein vielen Dank sage. Ein Theil des Materials von *Protomyces macrosporus* auf *Aegopodium Podagraria L.* stammte auch aus der Umgebung von Bern. — Nebenbei wurde noch die Frage untersucht, wie sich *Protomyces macrosporus U.* in Bezug auf die Auswahl der Nährpflanzen verhalte; zu dem Ende führte ich eine Reihe von Infectionsversuchen aus.

Die Arbeit wurde unter der geschätzten Leitung von Herrn Professor Dr. Ed. Fischer im Botanischen Institut in Bern ausgeführt, wofür ich demselben meinen besten Dank ausspreche.

Kapitel 1.

Die Entwickelung des Sporangiums von Ascoidea rubescens Brefeld und Lindau.

Die Entwickelung von *Ascoidea rubescens* ist durch Brefeld[1]) und Lindau[2]) untersucht worden. Dr. Lindau fand diesen Pilz in dem königlichen Forste bei Wolbeck bei Münster in dem Saftfluss der verletzten Stellen von umgehauenen Buchen. Es ist eine röthlichbraune Masse, gebildet durch das reich verzweigte, dicke, septirte Mycelium, dessen junge Fadenenden farblos sind, während die Membrane der älteren Hyphen bräunlichroth erscheinen. Erst vermehrt er sich durch sehr grosse längliche Conidien; werden dann die Culturen älter, so treten ausserdem Sporangien auf; die Conidienvermehrung tritt zurück und hört schliesslich auf, so dass an noch älteren Culturen nur noch Sporangien gebildet werden, welche nun in sehr grossor Anzahl auftreten. Diese Sporangien sind sehr ungleich gross. Die Sporenbildung in den Sporangien wird von Brefeld und Lindau[3]) folgendermaassen beschrieben: „Die Einleitung zur Sporenbildung in der Sporangienanlage verräth sich durch eine dunklere Färbung des Protoplasmas, welches körnerreich und weniger durchsichtig erscheint. Es verharrt in diesem Zustande beinahe einen Tag, ohne dass es möglich wird, auch mit den besten Linsen die engeren Vorgänge zu verfolgen, die sich im Innern vollziehen. Nur eine eigenartige Kappenbildung an der Spitze des Sporangiums deutet in stetiger Zunahme den fortschreitenden Verlauf der Sporenbildung an. Diese Kappe bereitet die Oeffnung und spätere Entleerung des Sporangiums an dieser Stelle vor. Sie sieht anfangs wie eine Membranverdickung aus, dann wie eine verquellende Membran mit deutlichen Schichten. Je deutlicher und dicker sie oben wird, um so leichter und sicherer unterscheidet man, dass sich die Kappe auch seitlich als verdickte Membran im Sporangium fortsetzt. Wenn die Kappenbildung vollendet ist, klärt sich der vorher dunkle Inhalt etwas auf, er erscheint gebrochen, und nun sieht man mit starker Vergrösserung, dass die Bildung der zahlreichen, aber sehr kleinen Sporen inzwischen eingetreten ist. Die Sporen liegen in einer Zwischensubstanz eingebettet. Die ganze Masse derselben tritt in langen, wurmartigen Windungen

1) l. c. pag. 94.

2) Vorstudien zu einer Pilzflora Westfalens im Jahresber. des Westfäl. Prov.-Ver. f. Wissensch. u. Kunst, 1892, pag. 11.

3) l. c. pag. 101.

aus dem Sporangiumscheitel aus. Brefeld denkt, die Zwischenmasse, durch welche die Sporen verklebt sind, sei bei der Auskeimung behülflich. Die Sporen sind sehr klein, 5 μ im Durchmesser. Sie sind auffällig gleichmässig in Form und Grösse und stimmen hierin mit den Sporen der Asci, während bei den niederen Pilzen die Gestalt und Grösse mehr variabel ist. Brefeld nennt die Sporen kappenförmig. Unter dem ersten Sporangium wächst die Axe in dieses hinein zu einem neuen Sporangium. Das entleerte bildet eine Hülle um das zweite, so können mehrere Hüllen umeinder entstehen, bisweilen 12, vielleicht noch mehr. Mitunter kann die Axe über den ersten Sporangienhüllen höher hinauswachsen, die Hüllen sitzen dann kurze Strecken von einander entfernt. Die Sporangienbildung kann durch Zusatz von neuer Nährlösung wieder durch Conidienbildung unterbrochen werden.

Ich cultivirte *Ascoidea rubescens* in verschiedenen Nährlösungen; am besten entwickelten sie sich auf sterilisirten Stückchen Buchenholz, welche getränkt waren mit einer Lösung, bestehend aus Abkochung von Buchenholz mit 0,5 % Kaliumphosphat, 0,5 % Magnesiumsulphat und Malzextract. Diese Lösung wurde filtrirt und sterilisirt. Die Untersuchung geschah auf zweierlei Weise, einerseits an lebendem Material, wobei für die Untersuchung der feineren Vorgänge ein apochromatisches Objectiv Oelimmersion 2,0 und Ocular 12 zur Verwendung kam; andererseits kam fixirtes und tingirtes Material zur Verwendung. Dabei wurde so verfahren: der Pilz wurde eine Stunde mit Flemming'scher Lösung (16 ccm Chromsäure, 3 ccm Osmiumsäure und 1 ccm Eisessig) fixirt, wenigstens 24 Stunden in fliessendem Wasser ausgewaschen, darnach in successive concentrirterem Alkohol gehärtet und hierauf in Xylol und dann in Paraffin gebracht. Von den so behandelten Sporangien machte ich Schnitte 1,2 und 3 μ dick und färbte diese 3/4 Stunden mit einer dünnen wässerigen Gentiana-Violettlösung, was lohnende Resultate gab. Durch die Flemming'sche Lösung wurde alles Fett dunkelbraun bis schwarz, durch das Gentianaviolett das Plasma hellblau, die Kerne dunkelblau. Der Farbenunterschied zwischen Plasma und Kernen wurde durch Ueberfärbung und nachherige theilweise Entfärbung erreicht. Selbstverständlich blieb aller Vacuolensaft farblos. Eine solche parallele Untersuchung des lebenden Materials neben den tingirten Schnitten war nothwendig als Controle für die Befunde bei letzteren und speciell auch um die richtige Reihenfolge der verschiedenen Stadien festzustellen.

Die erste Anlage des Sporangiums beginnt damit, dass die Endzelle einer Hyphe mehr oder weniger keulenförmig anschwillt, oder dadurch, dass die Querwand zwischen einem fertigen Sporangium und der darunter liegenden Zelle in das letztere hinein sich vorwölbt. Das Plasma in den Zellen der Hyphen hat eine streifige Struktur, es liegt wandständig und umschliesst einen grossen centralen Saftraum. Die Endzelle, welche zum Sporangium auswächst, verliert nun diese streifige Struktur und es wird der centrale Saftraum durch Plasmabrücken durchsetzt, was eine Zertheilung derselben in kleinere eckige Vacuolen zur Folge hat. Nach und nach werden diese Brücken zahlreicher, wodurch die Vacuolen auch zahlreicher, aber entsprechend immer kleiner werden, so entsteht erst eine grobe, dann allmählich eine immer feinere netzartige Struktur des Plasma. Das Bild ändert fortwährend durch die Vermehrung der Wände und Aenderung ihrer Lage. Fig. 1*a* Taf. I zeigt die Plasmabrücken und eckigen Vacuolen. Die drei leeren Hüllen, welche das Sporangium umgeben, zeigen, dass es sich um das vierte an dieser Stelle entstandene Sporangium handelt. Die Sporenmasse des dritten ist im Entleeren begriffen und wird durch das sich entwickelnde vierte ausgestossen. Diese austretenden Sporen sind nicht eingezeichnet und nur die Contur der Masse ist angegeben. Fig. 1*b* Taf. I stellt den oberen Theil eines anwachsenden Sporangiums dar, welcher gegen ein noch nicht entleertes andringt, das aber in der Zeichnung weggelassen ist. Das Plasma hat sich oben bei der Fixirung etwas contrahirt, weshalb es dort von der Wand zurückgetreten ist, was zur Folge hatte, dass das Plasma sich da verdichtete und oben die Kerne nicht zu sehen sind. Weiter unten dagegen sind viele Kerne zu sehen, an einer Stelle auch ein Kerntheilungsstadium. Die hellen Flecken sind Vacuolen. Aus dieser Figur ist zu ersehen, dass das Sporangium schon von Anfang an mehrkernig ist.

Die Zelle wird jetzt in zwei getheilt (Fig. 2 Taf. I), die neuentstehende Querwand wird allmählich mehr und mehr sichtbar und zwar sofort über die ganze Breite. Von den beiden so entstandenen Zellen nimmt die untere bald wieder die ursprüngliche Struktur an, indem sie wieder grobvacuolig wird, bis schliesslich wieder ein centraler Hohlraum entstanden ist. Die obere Zelle ist das eigentliche Sporangium, hier fängt eine weitere Veränderung an, damit beginnend, dass im Protoplasma keine Oeltröpfchen (Fig. 2 Taf. I) auftreten. Auffallend ist es, dass in diesem Stadium Bacterien lebhaft um das Sporangium herumschwärmen. Fig. 2 Taf. I stellt ein

Stadium kurz nach der Quertheilung dar, die unterste Zelle hat ihre Struktur noch nicht zurückbekommen, in der oberen fangen Oeltröpfchen an, aufzutreten. In diesem Zustande sind die Sporangien sehr empfindlich für schnelle Lichtänderungen: wenn nämlich durch Drehen des Microscopspiegels das Licht abgelenkt wird und einige Zeit darnach plötzlich wieder helle Beleuchtung eintritt, zieht sich sofort der Inhalt von der Wand zurück. Wir können das als eine Art von Schreckwirkung bezeichnen. In dem bis jetzt beschriebenen netzartigen Stadium kann sich das Sporangium nach einiger Zeit wieder erholen; lässt man aber diese Schreckwirkung in einem weiter vorgerückten Stadium eintreten, so ist das Protoplasma nicht im Stande, nachher wieder in seine ursprüngliche Lage zurückzukehren, sondern die weitere Entwickelung des Sporangiums ist stillegestellt. Auch bei Mangel an genügender Feuchtigkeit findet ein Zurückziehen des Inhalts statt und in diesem Falle kann ebenfalls nur beim ersten Stadium wieder Erholung eintreten.

Es folgt nun ein Stadium, welches wir als das „schaumige“ bezeichnen wollen; die Vacuolen, in dem ersten „netzartigen“ Stadium entstanden, runden sich ab. Sie sind jetzt sehr ungleich gross, füllen das ganze Sporangium und dazwischen vermehren sich die Oeltröpfchen (Fig. 3 Taf. I). Ausser diesen Oeltröpfchen befinden sich noch andere kleine Körner in dem Plasma. Diese haben eine eigenartige wimmelnde Bewegung, die man aber nicht als ein Mitgleiten mit einer Plasmaströmung bezeichnen kann. Diese Körner findet man nur im Sporangium, nicht aber in den darunter liegenden Hyphenzellen. Es sieht so aus, als ob sie einen hellen Hof hätten. Sie sind stark lichtbrechend. Bei künstlichem Licht sind sie deutlicher, als bei Tageslicht. Inzwischen ändert das Bild des Sporangiuminhaltes fortwährend: die Form und Lage der Vacuolen bleibt nicht gleich, vermuthlich theilen sich die Vacuolen noch, oder es entstehen neue, da zwischen den grösseren viele kleinere bis sehr kleine liegen. Allmählich kommen die Vacuolen zur Ruhe, Form und Lage ändern sich immer weniger, bis sie schliesslich constant werden. Es können mitunter drei Stunden vergehen, ohne dass eine Veränderung ihrer Form zu beobachten ist.

Die Vacuolen nun werden allmählich undeutlich; man sieht, dass die Conturen derselben immer unschärfer werden, bis sie endlich vollständig verschwinden, ohne dabei ihre Form verändert zu haben.

Man muss offenbar annehmen, dass die Wand der Vacuolen

immer dünner geworden sei, bis diese endlich aufgelöst wurde. Die Körner vermehren sich immer mehr.

Wir können das folgende, jetzt eintretende Stadium bezeichnen als das „Körnerstadium". Lebend untersucht (Fig. 4 *a* Taf. I), sieht man in diesem Stadium ein homogenes Plasma mit vielen Körnern, die theils in Ruhe, theils in wimmelnder Bewegung sich befinden. Diese Körner sind nicht gleichmässig im Plasma vertheilt, sondern man sieht hie und da körnerlose Stellen. In gefärbten Präparaten erkennt man, dass zweierlei Körner vorhanden sind, die einen haben sich braun, die anderen blau gefärbt (Fig. 4 *b* Taf. I). Die braunen Körner sind Oelkörper, die sich durch die Flemming'sche Lösung braun bis schwarz gefärbt haben. Die blauen sind schwerer zu bestimmen; plasmatische Gebilde sind es jedenfalls. Ein Theil derselben dürfte wohl Kerne sein, jedenfalls aber nicht alle, dafür sind sie zu zahlreich; die übrigen darf man vielleicht mit den beim lebenden Stadium in Bewegung befindlichen identificiren und könnten sie dann angesehen werden als in fester Form befindliche, eiweissartige, stickstoffhaltige Körper, ebenso wie die Oelkörperchen Nährstoffe für die nachher entstehende Sporen darstellend. Die Körner liegen alle in einem sich blau färbenden Plasma. Wie im lebenden Zustande, sind hier auch körnerlose Stellen zu sehen, welche aber ungefärbt geblieben sind, ebenso wie auch beim netzartigen und schaumigen Stadium das Innere der Vacuolen. Vielleicht sind es einfache Reste der ursprünglichen Vacuolen. Selten trat in einem späteren Stadium, z. B. im Körnerstadium, zum zweiten Male eine Querwand auf, nur ein paar Mal unter den vielen beobachteten Sporangien offenbar da, wo zu wenig sporenformendes Plasma war, also in einem Zustande von Plasmaarmuth, die eine Verkleinerung des Sporangiums nöthig machte.

Jetzt tritt das vierte, das „sporenbildende" Stadium ein. Das lebende Material (Fig. 5 Taf. I) lässt viele Körner erkennen, dazwischen homogene Plasmatheile. Letztere sind in Bildung begriffene Sporen. Die umgebenden Körner sehen bei schwacher Vergrösserung aus, als ob sie sich zu Platten angeordnet hätten. — Fig. 6 *a* Taf. I, nach einem gefärbten Schnitt gezeichnet, zeigt viele braune und blaue Körner in blau gefärbtem Plasma liegend, dazwischen die farblosen Stellen, Reste der früheren Vacuolen. Ferner sind die Kerne zu sehen. Man sieht nun, dass einzelne derselben homogenes Plasma um sich gesammelt haben, wobei die Körner zurückgedrängt werden. An einer dieser Stellen ist im homogenen Plasmahof ein farbloser

Fleck, wohl Rest einer Vacuole, zu sehen, beim zweiten Plasmahof war ein solcher Fleck wohl deshalb nicht zu sehen, weil er durch den Schnitt nicht getroffen wurde. Fig. 6*b* Taf. I hat weiter entwickelte Sporen. Die Sporenwand ist schon geformt. In drei Sporen hat bereits Kerntheilung in der Sporenanlage stattgefunden. In den Sporen sehen wir ausserdem blau sich färbendes Plasma und farblose Vacuolen, letztere entsprechen wohl den in Fig. 6*a* Taf. I erwähnten hellen Stellen. Um die Sporen herum liegen noch viele Körner. Dieser Figur entspricht Fig. 5 Taf. I im lebenden Zustand. In etwas vorgerückterem Stadium tritt in den Sporen Oel auf. Nach den beschriebenen Bildern können wir uns die Vorgänge im Sporangium folgendermaassen denken: Die Kerne sammeln aus dem Sporangiuminhalt unter Zurücklassung der Körner homogenes Plasma und Vacuolensaft um sich herum, und als zweiter Vorgang erst entsteht die Wand. Wie letztere gebildet wird, liess sich nicht feststellen. Für höhere Pflanzen ist der Einfluss der Kerne auf die Wandbildung bewiesen. Bei den Pilzen hat Harper[1]) es für die Ascomyceten untersucht und ebenfalls gefunden, dass die Wand unter Einwirkung der vom Kerne ausgehenden Fäden entsteht. Auch in den *Ascoidea*-sporen liegt der erste Kern meist nahe der Wand, so dass auch hier ein ähnlicher Zusammenhang zwischen Wandbildung und Kern zu vermuthen ist. Wenn die Kerne hier aber Faden ausschicken, dann ist es nicht, wie dort, ein beliebiger Theil des Inhalts, der von ihnen umschlossen wird, sondern die Kerne ziehen zuerst aus dem Plasma gewisse Bestandtheile aus und lassen andere (nämlich die Körner) zurück und dann bildet sich die Wand. Etwas später enthalten die Sporen zwei Kerne, seltener drei, noch seltener sind vier Kerne zu sehen. Da wir Schnitte vor uns haben, kann die Zahl nicht geringer, aber wohl grösser sein, als das Bild angibt. In lebendem Material sind die Kerne nicht zu sehen. Während die Sporen noch im Sporangium liegen, aber nachdem schon Kerntheilung stattgefunden hat, erscheinen in denselben kleine Bläschen oder Tröpfchen, die in den lebenden ebenfalls deutlich zu erkennen sind. Bei gefärbten Schnitten sind dieselben braun. Es ist hier wieder Fett, das sich als Nahrungsmaterial in den Sporen sammelt; wir können annehmen, dass dasselbe aus den die Sporen umgebenden Körnern aufgenommen wurde. Es muss hier schliesslich noch hervorgehoben werden, dass die Sporenbildung nicht in allen Theilen des Sporangiums gleichzeitig vor sich

1) Kerntheilung und freie Zellbildung im Ascus von R. A. Harper. Taf. XI und XII. Jahrb. für wissensch. Botanik, 30. Bd., Heft 2 u. 3.

geht, was sich aus Fig. 6 *a* Taf. I und auch an der ungleichen Kernenzahl in den fertigen Sporen ergibt. An lebenden Sporangien war dies auch zu beobachten; das eine Mal fing die Sporenbildung hauptsächlich in der Mitte an, ein anderes Mal oben oder unten.

Während die Vorgänge der Sporenbildung vor sich gehen, sehen wir oben in dem Sporangium die Kappe entstehen, welche Brefeld auch beschreibt. Diese Kappe ist erst klein, wird allmählich grösser und nimmt dabei eine in der Mitte linsenförmige Gestalt an und läuft nach den Seiten dünn aus. Diese Kappe ist stark lichtbrechend, färbt sich nicht, selbst da nicht, wo beim lebenden Sporangium sich die Wand mit Gentiana violett färbt. Ich vermuthe, dass es eine Ausscheidung des Plasmas ist. Diese Kappenbildung kommt auch anderwärts vor. Unger[1]) beschreibt zum Beispiel bei *Vaucheria clavata* in den keulenförmigen Sporangien eine oben auftretende helle Stelle. Er sagt: „Die Spitzen zeigen nur am äussersten Ende eine halbmondförmige ungefärbte Zone“.

Die Körner zwischen den Sporen im Sporangium werden allmählich kleiner. Sie werden bei der weitern Entwickelung der Sporen verbraucht, bis sie endlich verschwunden sind. Die Sporen liegen nun in einer Zwischensubstanz, die noch ölartig ist, wie dies an den gefärbten Schnitten zu sehen ist. Nun ist der Moment des Austretens gekommen. Der Scheitel des Sporangiums öffnet sich, die Kappe bricht hierbei röhrenförmig auf. Der Inhalt wird passiv langsam herausgeschoben durch den Druck eines neuen von unten her hineinwachsenden Sporangiums. Brefeld und Lindau denken, dass bei diesem Austreten zwei Kräfte mitwirken; sie schreiben:[2]) „Sie wird zunächst ermöglicht durch stärkere Quellung der papillenartigen Kappe an der Spitze des Sporangiums. Nur die äussere Membranschicht nimmt an dieser Verquellung keinen Antheil, innen verquillt die hyaline lichtbrechende Masse der Papille, und diese Verquellung setzt sich auch auf die Seitenwände, soweit sie verdickt erscheinen, fort. Schon durch diese Membranverquellungen der inneren Membranschichten muss eine Raumverengerung, also ein Druck auf die Sporenmasse entstehen, der noch gesteigert wird durch eine Verquellung der Sporenmasse selbst, resp. der eigenartigen Zwischensubsanz, welcher die gebildeten Sporen eingebettet sind. Sobald durch diesen inneren Druck die Dehnungsgrenze der

1) *Vaucheria clavata* durch Dr. F. Unger. Wien 1843. Die Pflanze im Momente der Thierwerdung pag. 16, F. 5.

2) l. c. pag. 101.

äusseren nicht verquollenen Membranschicht überschritten ist, muss an der schwächsten Stelle ein Aufbrechen erfolgen. Diese schwächste Stelle ist oben auf der Spitze gegeben. Diese bricht auf und die Masse der verquollenen Papille wird nach aussen vorgeschoben, wo sie sich zu einer deutlich conturirten hyalinen Tüte entfaltet, durch deren Mitte die Sporenmassen wurstartig nach aussen treten. Der Druck, durch welchen die Sporen aus einer mittleren Oeffnung der weit vorstehenden gallertartigen Tüte nach aussen getrieben werden, ist nur im Beginn der Entleerung ein stärkerer, so dass die durchgepresste Sporenmasse, die fest zusammenbleibt, als dicke stumpfe Wurst zum Vorschein kommt. Sobald das obere, durch stärkeren Druck durchgetriebene und darum dickere Ende der Sporenmasse draussen ist, lässt der Druck im Sporangium bedeutend nach, die Sporenmasse wird dünner und würde wahrscheinlich im Halse und im Innern des Sporangiums sitzen bleiben, da hier die Triebkräfte, der Druck zur weiteren Entleerung ganz aufhören, wenn nicht die weitere Entwickelung der Axe unterhalb des Sporangiums den Act der Entleerung übernähme und in langsamem Gange vollendete.“

Ich möchte dem gegenüber dem auswachsenden neuen Sporangium allein die Wirkung des Herauspressens zuschreiben, denn in den vereinzelten Fällen, in denen sich mitten in der Sporenmasse eine centrale Vacuole befindet, sieht man, dass das Herausschieben der Sporenmasse erst dann eintritt, wenn das hereinwachsende neue Sporangium den ganzen Raum der Vacuole ausgefüllt hat. Wenn dagegen die Kappe und die Zwischensubstanz durch ihr Aufquellen den Austritt bewirken würden, dann müsste zuerst der innere Hohlraum verdrängt werden.

Die herausgetriebene Masse hat eine längliche Form und bleibt in der Nähe des Sporangiums liegen. Auf gefärbten Schnitten ist zu constatiren, dass ausser der hellbraunen Zwischensubstanz auch noch eine rein blau sich färbende Aussenschicht um die Sporenmasse herum liegt; diese ist sehr dünn. Dass es wohl eher Hyaloplasma ist, als eine innere Schicht der Wand, lässt sich schliessen aus der Art der Blaufärbung und auch aus der sehr starken Dehnung, welche sie beim Austreten erfährt. Kerne sind in der Zwischensubstanz zwischen den Sporen nicht nachzuweisen, auch nicht in der vorhin erwähnten äusseren Schicht, von der ich mir vorstelle, es sei die nicht an der Sporenbildung betheiligte äussere hyaline Plasmaschicht des Sporangieninhalts. Bricht die Schicht, so bleiben oft Sporen zurück, die dann

später zu finden sind zwischen dem neuen Sporangium und der alten ihn umgebenden Wand.

Die Sporen sind auf einer Seite halbkugelig, auf der andern etwas abgeflacht mit einem Saum (Fig. 7).

Beim lebenden Material wird durch Jodjodkalium in den Sporen ein rothbrauner Fleck sichtbar, der wohl als Glykogen anzusprechen ist. Ich bemerke übrigens, dass dieselbe durch Jodjodkalium rothbraun sich färbende Substanz auch in den übrigen Theilen des Pilzes vorkommt: in den Hyphenzellen, in den jungon Sporangien.

Die Sporen liegen im Sporangium in allen möglichen Lagen durcheinander, was man sowohl im lebenden Sporangium, wie auf gefärbten Schnitten beobachten kann. Sie sind bald mit der runden Seite gegen eine concave, bald seitlich gegen eine concave Seite eines Anderen gerichtet, bald liegen zwei runde Seiten einander gegenüber, natürlich auch wohl zwei concave Seiten gegen einander, aber alle Lagen gleich vertreten. Brefeld und Lindau denken ès sich anders, wenn sie sagen:[1]) „Die Sporen sitzen, soweit sie nicht schon zerfallen sind, was leider schon mit der Entleerung meist geschieht, zu zweien zusammen und haben so in der Verbindung ein bisquitförmiges Ansehen, ganz wie die Schlauchsporen von *E. decipiens.* Wenn sie in der Mitte auseinander gefallen sind, ist die Kappenform nach der einen, die gerade Fläche der anderen Seite als ihre natürliche Form selbstverständlich. Diese Verbindung der Sporen zu zweien und ihre hierdurch erklärte Gestalt ist das einzige Sichere, was man über die Bildung der Sporen sehen und aussagen kann. Die Verbindung ist aber nicht anders als der Ausdruck der letzten Zweitheilung, die zur Ausbildung und Gestaltung der Sporen führt, zu beurtheilen. Man kann mit aller Wahrscheinlichkeit schliessen, aber nicht direct sehen, dass dieser letzten Theilung die Reihe der Zweitheilungen vorausgegangen ist, welche die Bildung der Sporen in so grosser Zahl herbeiführte, und also mit mehr als blosser Vermuthung aussagen, dass die Sporen im Sporangium durch fortgesetzte Zweitheilung gebildet werden.“ Aus meiner Untersuchung ergibt sich, wie wir gesehen, eine andere Vorstellung des Vorganges.

Die ganze Entwickelung des Sporangiums vom ersten Anfang bis zum Moment des Austretens der reifen Sporen dauert ungefähr drei Tage.

---

1) l. c. pag. 107.

Kapitel 2.

Protomyces Bellidis Krieger.

Protomyces Bellidis ist von Krieger[1]) auf *Bellis perennis L.* entdeckt und beschrieben worden. Durch die Güte desselben erhielt ich am 9. Mai aus Königstein lebendes Material dieses Pilzes, das ich der Untersuchung unterziehen konnte. Der Pilz wächst intercellular in den Blättern. Mehrere Zellen des Myceliums vergrössern sich und verwandeln sich dabei in Chlamydosporen. Diese Chlamydosporen befanden sich in den unteren Blättern. Die einen dieser Blätter erschienen noch ganz grün und liessen nur einzelne sehr kleine gelbliche Stellen erkennen, in denen sich sowohl junge, als auch fertige Chlamydosporen befinden. Selbst wenn ich an nicht verfärbten Stellen der Blätter die Epidermis abriss, fand ich hie und da Chlamydosporen. Noch weiter unten folgen Blätter, deren obere Hälfte gelb ist, während die untere Hälfte noch grün aussieht. Diese halb welken Blätter haben schon zahlreichere sehr schöne Chlamydosporen. Zu unterst sind braune, ganz welke oder verdorrte Blätter. Diese enthalten eine sehr grosse Menge Chlamydosporen. Die Chlamydosporen besitzen eine gelbgefärbte Wand; dieselbe besteht aus einem dünnen Endosporium und einem dicken Episporium, welche durch ein Mesosporium verbunden sind. Letzteres ist meist undeutlich, in abnormen Fällen erkennt man es als scharf gesonderte Schicht. Nähere Untersuchungen der Chlamydosporen wurden an lebendem und fixirtem Material unternommen. Bei der Fixirung und Färbung wurde wie bei *Ascoidea* verfahren. Zum Zweck der Färbung aber verweilten die Microtomschnitte nur 14 Minuten in dem Gentianaviolett. Fig. 9 Taf. I ist eine unentwickelte Chlamydospore von 36 μ Durchmesser, mit körnigem, undurchsichtigem Plasma erfüllt, das keine weitere Differenzirung erkennen lässt. Durch 20 % Kalisalpeter + Eosine entsteht Plasmolyse. Das deutet auf das Vorhandensein von Vacuolensaft. Ob dieser in einer grossen Vacuole oder in vielen kleinen Vacuolen vorhanden ist, war an lebendem Material nicht festzustellen, da das undurchsichtige Plasma nichts Deutliches erkennen liess. Eine Viertelstunde über 2proc. Osmiumdämpfe gehalten, wurde der Chlamydosporeninhalt schwarz; dies beweist, dass er ölhaltig ist. Bei gefärbten Schnitten herrschte die schwarze Farbe des Oels so sehr vor, dass die blaue Farbe des Plasmas nicht zu erkennen war. Einige Chlamydosporen waren tief schwarz gefärbt, andere mehr oder weniger

1) Fungi saxonici Nr. 1101.

braun; in diesen waren viele kleine, runde, hellere, aber nicht ganz farblose Bläschen zu sehen. Da bisher die Entwickelung dieser Chlamydosporen noch nicht beobachtet war, so versuchte ich eine Deckglascultur mit einem hängenden Tropfen Wasser in einer feuchten Kammer. Dazu verwendete ich mehrere Chlamydosporen aus einem gelben Fleckchen eines grünen Blättchens. Am Morgen des sechsten Tages waren einige ausgewachsene, beinahe fertig entwickelte Sporangien zu sehen, welche genau mit den von Brefeld für *Protomyces pachydermis Thümen* beschriebenen übereinstimmen. Das weitere Beobachten desselben Präparats war ohne Erfolg, wahrscheinlich waren alle reifen Chlamydosporen dieser Cultur schon ausgewachsen und die anderen noch zu jung. Hierauf machte ich sofort mehrere neue Culturen, welche sehr günstige Resultate ergaben. Die genauere Untersuchung derselben wurde dann unter Deckglas vorgenommen. Die Dauer der Entwickelung der beobachteten Sporangien war sehr ungleich. Ich schreibe dies den ungünstigen Bedingungen zu, denen ein beobachtetes Sporangium in dem schmalen Raum zwischen Deckglas und Objectträger unterworfen ist. Dieser Raum konnte nicht erweitert werden wegen der starken Vergrösserung, mit welcher betrachtet wurde. Hier entsteht schnell Mangel an Sauerstoff, dem ich es zuschreibe, dass ein Sporangium nach dem anderen bei der Beobachtung nur wenig über das Stadium hinauskam, in welchem es unter das Deckglas gebracht wurde, obwohl doch oft ein neues Tröpfchen Wasser zugesetzt wurde. In einem Falle gelangte ein Sporangium unter Deckglas zu schnellerer und vollständiger Entwickelung, wahrscheinlich desshalb, weil mit dem Auflegen des Deckglases auf den Objectträger eine grosse Anzahl kleiner Luftblasen mitgekommen waren. Diese Entwickelung geschah über Tag, was etwas Ungewöhnliches war, da die Entwickelung mit seltenen Ausnahmen am Spätabend anfängt und am Vormittag zwischen 10 und 12 Uhr endigt. An diesem Sporangium hauptsächlich wurden die nun folgenden Beobachtungen gemacht.

Das erste, was man an lebendem Material von der Entwickelung zu sehen bekommt, ist das Aufspringen der Chlamydosporenwand. Dieselbe öffnet sich langsam an einer Seite. Dann wächst oder dehnt sich hier das Endosporium sehr langsam aus, während es an den anderen Seiten durch das Mesosporium mit dem Episporium fest verbunden bleibt. Auf Fig. 10 Taf. I ist das Endosporium schon eine Strecke weit ausgewachsen. Noch immer ist in demselben nur gleichmässig körniges Plasma zu sehen, sowohl in der Partie, welche von

der dicken Chlamydosporenwand umschlossen ist, wie an dem vortretenden Theil. Es ist in demselben noch keine Differenzirung wahrzunehmen. In diesem Zustand (Fig. 10 Taf. I) betrug die Länge des Sporangiums 56 μ, die Breite 28 μ. Dieses Auswachsen kann mehrere Stunden dauern, bis endlich allmählich eine Differenzirung des Plasma auftritt. Diese beginnt damit, dass dasselbe aus dem unteren Theil des Sporangiums nach oben wandert; in dem von der Chlamydospore umhüllten Theil wird eine grosse Vacuole sichtbar, deren Entstehung nicht näher verfolgt werden konnte. Zwei Fälle sind hierbei denkbar, entweder war zwischen dem Plasma Vacuolensaft vertheilt vorhanden, der nun an der Basis des Sporangiums ausgeschieden wurde, oder der Vacuolensaft war in viele sehr kleine Vacuolen vertheilt in dem Plasma und diese flossen am Grunde zu einer grossen zusammen. Das letzte ist wohl das Wahrscheinlichste. Man muss annehmen, dass die basale Vacuole ringsum von einer plasmatischen Schicht umgeben ist, denn wäre diese nicht da, so müsste ja der Vacuolensaft durch die Wand nach aussen treten können und Turgor wäre nicht denkbar (Fig. 11 Taf. I). In diesem Zustande war das Sporangium 34 μ breit und 96 μ lang. Nun sieht man, dass in dem im frei herausragenden Theil des Sporangiums befindlichen Plasma viele kleine Bläschen sichtbar werden, auch einzelne grössere, welche durch Verschmelzung von kleineren entstanden sind. Dieses Stadium beobachtete ich um $1^1/_2$ Uhr nachmittags. Diese Bläschen vergrössern sich mehr und mehr und schmelzen zu einer kleineren Zahl in der Mitte des Sporangiums zusammen. Dadurch sammelt sich das Plasma allmählich zu einer wandständigen Schicht an (Fig. 12 Taf. I, 36 μ breit und 100 μ lang). In diesem Zustand sieht man unten die grosse Vacuole, oben liegt das Plasma schon wandständig, nach innen die sich vergrössernden Vacuolen umgebend, von denen die grössten in der Mitte liegen. Das Sporangium hat nun seine definitive Grösse erreicht. Immer mehr vereinigen sich die Vacuolen und entsprechend wird auch ihre Zahl immer kleiner. Dieser Vorgang geht schnell vor sich. Um $4^1/_4$ Uhr nachmittags waren nur noch drei Vacuolen da (Fig. 13 Taf. I, 100 μ lang, 36 μ breit). Auch diese drei Vacuolen verschmolzen schliesslich und die so entstandene grosse obere Vacuole vereinigte sich endlich mit der grossen basalen.

Jetzt ist der Augenblick der Sporenbildung gekommen. Simultan und sehr rasch sieht man in der breiten wandständigen Plasmaschicht eine radiale Streifung auftreten (Fig. 14 Taf. I). Bei höherer Einstellung des Mikroskops auf die Flächenansicht des Protoplasmawand-

belegs erkennt man zahlreiche nebeneinanderliegende kleine Kreise. Mit anderen Worten: das Plasma ist in kleine radial verlängerte Partien von kreisförmigem Querschnitt zerfallen; dies sind die Sporen, die also palissadenartig an der Wand in einer Schicht gelagert sind. Nach der centralen Vacuole hin erkennt man deutlich die abgerundeten Enden derselben. Zwischen den Sporen ist keinerlei Zwischensubstanz wahrzunehmen. Bald verlassen nun die Sporen diese palissadenartig parallele Stellung und bekommen eine ganz unregelmässige Anordnung in allen möglichen Stellungen zu einander (Fig. 15 Taf. I). Auffallenderweise bleiben sie aber trotz dieser Umlagerung dennoch wandständig; wir können uns dies unmöglich anders erklären, als dadurch, dass wir annehmen, es liegen die Sporen gewissermaassen in einem Sack, gebildet von einer äusseren und inneren protoplasmatischen Schicht.

Nun fangen die Sporen allmählich an nach oben zu wandern, aber nicht durch die centrale Vacuole, sondern wieder der Sporangiumwand entlang langsam nach oben sich begebend, bis alle an der Spitze liegen und diese ganz ausfüllen; auch dies lässt sich wieder nicht anders erklären, als durch die Annahme, dass die Sporen zwischen zwei festen Plasmaschichten eingeschlossen sind (Fig. 16 Taf. I). Es geschah dies um $6^1/_2$ Uhr nachmittags. Die Sporenmasse wird nun erst zu einem ovalen, darnach zu einem runden Ball. Man muss sich letzteres so entstanden denken, dass die Vacuole die Sporenmasse zu umgreifen beginnt (Fig. 17 Taf. I, ein anderes als das vorher continuirlich beobachtete Sporangium, 160,6 μ lang und 36,5 μ breit). Das Sporangium befindet sich jetzt in einem Zustand hoher Turgescenz, der Vacuolensaft übt durch seine Spannung Druck aus, und durch diesen Druck springt das Sporangium an dem Scheitel auf, gerade in dem Moment, in welchem die Vacuole oben den Sporenball rings zu umgreifen scheint. Diese Turgorkraft wirft die Sporenmasse eine Strecke weit fort aus dem Sporangium hinaus. Dies geschah bei dem Sporangium von Fig. 11—16 Taf. I um $8^1/_2$ Uhr abends. Beim Aufspringen entstand das eine Mal ein rundes Loch, ein anderes Mal ein Spalt. Die Wand bog beim Oeffnen oben ein wenig um. Der Sack bleibt zurück und vergeht, einzelne Male war er zusammengefallen in dem leeren Sporangium zu sehen.

Die Form des Sporangiums kann zwischen kurz keulenförmiger oder länglicher Gestalt schwanken. Das kürzeste war circa dreimal länger als breit, das längste hat ungefähr $4^1/_2$ Mal seine Breite. Die Sporen sind länglich, 4 μ lang, 2 μ breit.

Wir sehen also, dass bei *Protomyces Bellidis* eine simultane Sporenbildung stattfindet, bei welcher keine Zwischensubstanz zwischen den Sporen zurückbleibt, wohl aber die an der Sporenbildung keinen Antheil nehmende protoplasmatische Aussenschicht und eine innere zwischen Sporen und Vacuole liegende Schicht.

Kapitel 3.
Protomyces macrosporus Unger.

Eine genaue Untersuchung der Sporangienentwickelung von *Protomyces macrosporus U.* hat de Bary[1]) gegeben. Immerhin war für die feineren Vorgänge eine Nachuntersuchung mit den heutigen vervollkommneten Hülfsmitteln erwünscht; dieselbe ergab denn auch in einigen Punkten Abweichung von de Bary's Resultat. *Protomyces macrosporus* bewohnt bekanntlich die grünen krautigen Organe einiger Umbelliferen; am häufigsten ist er auf *Aegopodium Podagraria L.* gefunden worden.

Sein Mycel entwickelt sich intercellular in dem oberflächlichen Parenchym; es ist dasselbe reichlich verzweigt. Auch hier, wie bei *P. Bellidis* verwandelt sich ein Theil der Zellen des Myceliums in Chlamydosporen. Letztere sitzen in viel grösserer Anzahl als bei jener Art zu Gruppen vereinigt; die betreffenden Stellen des Gewebes sind schon äusserlich als schwielenartige Erhebungen kenntlich. Das Material, welches zu meiner Untersuchung diente, war bei Königstein im Herbst 1897 von Herrn Krieger gesammelt worden. Ein Theil desselben stammte auch aus der Umgebung von Bern, wo der Pilz nicht selten vorkommt. Es wurde in Säckchen aufgehängt und im Freien überwintert und erwies sich im März als entwickelungsfähig.

Die ersten Aenderungen in der Chlamydospore treten in der Regel am Abend zwischen 8 und 10 Uhr ein, und am Vormittag zwischen 10 und 12 Uhr wurden jeweilen die reifen Sporen ausgeworfen, so dass die ganze Entwickelung ungefähr 14 Stunden dauert. In Wassertröpfchen auf Deckglasculturen kamen sie 10 Tage nach Einrichtung der Culturen, später, als das Wetter wärmer wurde, schon nach fünf Tagen zur Entwickelung. Bei plötzlichen Wetteränderungen sah ich die Sporenentwickelung niemals eintreten. De Bary[2]) sagt: „Ob während des Sommers eine Weiterentwickelung früh gereifter heuriger

---

1) Abhandl. der Senckenbergisch. Naturforsch. Gesellsch. Bd. V, 1864, pag. 139, Taf. XXVI und XXVII.

2) l. c. pag. 144.

Sporangien eintreten kann, vermag ich nicht bestimmt zu entscheiden; die über diese Frage angestellten Versuche gaben ein durchaus negatives Resultat.“ Ich bin nun in der Lage, in dieser Hinsicht ein positives Resultat anzuführen. Chlamydosporen aus Schwielen vom Frühling 1898, die ich selber durch Infection von *Aegopodium Podagraria* erhalten hatte, wurden in Cultur genommen, und es zeigte sich, dass diese schon nach fünf Tagen Mitte Juni in normaler Weise ihre Sporen bilden und normal zur Entwickelung gelangten. Dagegen konnte ich die Chlamydosporen nicht vor Anfang Februar zur Keimung bringen, während de Bary sie auch während des Winters sich weiter entwickeln sah. Mitte Juli gelang es noch, vorjährige Chlamydosporen schnell zur Keimung zu bringen, diese waren aber nicht mehr an eine bestimmte Tageszeit gebunden. Auf demselben Präparat sah ich alle möglichen Stadien von Entwickelung zu gleicher Zeit. Die Untersuchung erfolgte auch hier wieder theils an lebenden, theils an fixirten und gefärbten Exemplaren. Letzteres geschah wesentlich ebenso wie bei *Ascoidea*, die Mikrotomschnitte verweilten aber nur 14 Minuten im Gentianaviolett. Das aus den Deckglasculturen entnommene Material packte ich zur Fixirung und Einbettung in Fliesspapier ein.

Die Chlamydospore zeigt im Ruhezustand folgende Verhältnisse: sie hat eine dreischichtige Wand, ein Epi-, Meso- und Endosporium. Das Episporium ist dick, das Meso- und Endosporium sind dünn. Diese dreifache Membran ist farblos, nicht gelb wie bei *P. Bellidis*. Sie umschliesst einen dicht körnigen Inhalt, welcher zunächst keine Differenzirung wahrnehmen lässt. Durch Behandlung mit 20⁰ Kali nitricum trat Plasmolyse ein, was auf Wassergehalt deutet. Durch 1 % Osmiumsäure wird der innere Theil des Plasma schwarz, während eine umgebende dünne Lage sich nicht färbte. Während des ganzen Winters blieb die Chlamydospore in diesem Zustand (Fig. 18 Taf. II).

In den tingirten Schnitten von Chlamydosporen, die mit Flemming'scher Lösung fixirt waren, sah man einen ganz schwarzen Inhalt und eine blaue Wand. Die Wand hat abwechselnd hellere und dunklere blaue Zonen. Bei anderen schwärzt das Fett den Inhalt nicht mehr gleichmässig, sondern tritt in vielen kleinen Partien auf, welche mehr oder weniger dunkelbraun sind (Fig. 19 Taf. II). Wieder andere Bilder lassen ein netzartig hellbräunlichblaues Plasma sehen mit vielen blauen Kernen und Kerntheilungsstadien (Fig. 20 Taf. II). Bei diesem Schnitt ist die Chlamydospore etwas zusammengedrückt.

Die folgende Beschreibung der Entwickelung bezieht sich auf Chlamydosporen, die sich in der normalen Zeit entwickelten; dabei ist ausdrücklich hervorzuheben, dass die Veränderungen continuirlich an einer und derselben Chlamydospore verfolgt wurden. Als Beispiel wähle ich die Beobachtung, die ich am 18. Februar an einer Chlamydospore machte; die sämmtlichen Figuren 21*a*, 22, 24, 25, 26 und 27 Taf. II beziehen sich auf dieses eine Exemplar. Fig. 23 Taf. II entspricht genau dem auch bei diesem Exemplare gesehenen Stadium, ist aber bei einem vorher beobachteten Vorgang gezeichnet worden. $^1/_2$9 Uhr abends trat die erste Aenderung in der Chlamydospore auf. Sie bestand darin, dass der Inhalt sich in eine Randzone und eine mittlere Partie differenzierte. Bei höherer Einstellung des Mikroskops schien die Randzone dunkel und das innere heller (Fig. 21*a* Taf. II), bei tieferer Einstellung war im Gegentheil das Innere dunkel und die Randzone hell (Fig. 22 Taf. II). Bei gefärbten Schnitten trat dieses Stadium auch sehr schön hervor, indem ich Bilder erhielt, in denen deutlich eine hellere Randzone und ein dunkler Innentheil zu sehen sind (Fig. 21*b* Taf. II). Das Innere ist hier dunkelbraun und lässt viele kleine Partieen erkennen, welche dicht neben einander liegen. Es sind kleine Fettpartieen. Die äussere Zone ist hellbraun, wabenartig, die Wand ist blau. Die hellbraune Farbe der äusseren Zone lässt erkennen, dass dieselbe nicht ganz frei von Fett ist. Bei anderen Schnitten sind auch in der Randzone kleinere Flecken zu sehen, doch auch diese sind sehr hellbraun gefärbt. Diese Bilder sind offenbar so zu erklären, dass das Fett nach der Mitte geht oder in der Randzone zuerst verbraucht wird. In Fig. 21*c* ist die Randzone nun ganz ohne Fett. Sie ist schön blau und viele Kerne sind darin zu sehen. Alles Fett ist in der Mitte zu einem Klumpen zusammengeballt. Ob hier ausschliesslich Fett vorhanden ist oder auch Plasma, lässt sich nicht bestimmt entscheiden; offenbar ist durch die Präparation die mittlere Partie zusammengeschrumpft. Diese Aenderungen erfolgten sehr langsam. Jetzt traten in der inneren Partie allmählich einige Vacuolen auf. Zunächst sind diese nur ganz undeutlich in dem dunkeln Inhalt zu erkennen. Auf Fig. 22 Taf. II sieht man schon deren sieben. Dieselben vermehrten sich sehr langsam, bis zuletzt die ganze innere Partie von denselben erfüllt erscheint (Fig. 23 Taf. II). Hierauf traten sie auch in der helleren Zone auf, so dass zuletzt der ganze Inhalt der Chlamydospore mit Vacuolen gefüllt war und ein schaumiges Aussehen hatte. Das dunkle Aussehen der inneren Partie verschwindet nun allmählich, in-

dem die hellere Randzone breiter wurde, bis schliesslich alles hell aussah. Nun ist der Augenblick des Austretens des Sporangiums gekommen. Es war dies in unserm Falle erst gegen 9 Uhr morgens, während sonst die meisten Chlamydosporen schon am Morgen zwischen 6 und 7 Uhr so weit sind.

De Bary[1]) beschreibt die Aenderungen der Chlamydospore folgendermaassen: „Zunächst wird ihr Inhalt blasser, durchsichtiger, die groben, gelblichbraunen, glänzenden Fettkörner verschwinden und an ihre Stelle tritt ein glanzloses, von sehr zahlreichen, kleinen, punktförmigen Körnchen durchsätes, blass rötlichbraunes Protoplasma auf. Diese Veränderung des Inhaltes schreitet allmählich von der Peripherie nach der Mitte hin fort; zunächst sieht man mitten in der Protoplasmamasse eine aus den ursprünglichen Fettkörnern bestehende Kugel, diese wird immer kleiner und verschwindet zuletzt vollständig. Das ganze Sporangium ist jetzt von dem röthlichbraunen Protoplasma erfüllt, so zwar, dass dieses in der Mitte zu einer dichten, undurchsichtigen, dunklen Masse angehäuft, im Umfange heller und durchsichtiger und hier häufig von sehr zart umschriebenen und blassen Vacuolen verschiedener Zahl und Grösse durchsetzt ist.“

Diese Darstellung weicht also von der unsrigen in folgendem Punkte ab: Die Veränderung des grobkörnigen Aussehens des Plasma in ein Plasma mit punktförmigen Körnchen sehe ich erst eintreten, wenn auch die helle äussere Zone vacuolig geworden ist. Das Plasma bei De Bary's Chlamydospore wird röthlichbraun. Diese Farbenänderung trat bei der Protomyces, welche ich beobachtete, in keinem einzigen Fall auf. Kann es durch diese dunkle Farbe auch sein, dass in De Bary's Chlamydosporen so wenig Vacuolen sichtbar waren; in seiner Fig. 4 sind sie nicht einmal eingezeichnet?

Der Vergleich obiger Vorgänge mit *P. Bellidis* ergibt Folgendes: Bei *P. macrosporus* wie bei *P. Bellidis* sind viele sehr kleine Vacuolen im Plasma von Anfang an da, dieselben treten dann zu grösseren zusammen, bis alles schaumig aussieht. Bei *P. Bellidis* geschieht dies aber erst nach dem Austreten, bei *P. macrosporus* schon vorher. Durch allmähliches Aufbrauchen des Fettes wird das Plasma durchsichtiger. *P. Bellidis* weicht aber von *P. macrosporus* dadurch ab, dass eine vorherige Differenzirung in eine hellere Randzone und dunklere Innenpartie nicht zu bemerken war; bei beiden verstrich bis zum schaumigen Stadium längere Zeit. Das Auswachsen bei *P. Bel-*

---

1) l. c. pag. 144.

lidis bis zum schaumigen Stadium dauerte mehrere Stunden. Die inneren Aenderungen der Chlamydospore bei *P. macrosporus* bis zur Vollendung des schaumigen Stadiums dauerte auch mehrere Stunden; auch die weitere Entwickelung beanspruchte bei beiden gleiche Zeit, ungefähr 5—7 Stunden. Bei *P. Bellidis* finden also offenbar die sämmtlichen Veränderungen nach dem Aufbrechen der Chlamydosporenwand statt.

Wir waren stehen geblieben bei dem Stadium, in welchem der plasmatische Inhalt der Chlamydospore mit Vacuolen gefüllt war. Die Chlamydosporenwand wurde nun aufgerissen und das Sporangium trat aus; es war das um 9 Uhr 10 Min. Das Austreten ging nicht in einem Stoss, aber doch ziemlich rasch, ungefähr in einer halben Minute, vor sich. Das Endosporium bildet die Wand des Sporangiums, diese war auch noch umgeben von dem Mesosporium, das beim Austreten durch Aufquellen sich stark verbreiterte; das letztere umgab aber das Endosporium des Sporangiums nicht wie eine gleichmässige Schicht, vielmehr war es an der von der leeren Chlamydosporenwand abgewendeten Seite sehr schmal; nach unten verbreitert es sich dann und es war unten, d. h. an der der Chlamydospore zugewendeten Seite, sehr dick. Man kann also Scheitel und Basis erkennen (Fig. 24 Taf. II). Beim Austreten dehnte sich das Sporangium, da es nun nicht mehr durch das Episporium eingeengt ist, sofort aus. Man muss also annehmen, dass der Inhalt sich vor dem Austreten im Zustande starker Spannung befand. Diese Spannung bewirkte das Austreten, und das Aufquellen des Mesosporiums ermöglichte dasselbe. Die leere Chlamydosporenwand, d. h. das Episporium, blieb an der aufgerissenen Stelle an dem Mesosporium kleben. Das Mesosporium muss somit hier eine andere Beschaffenheit haben als bei *P. Bellidis,* wo die drei Schichten der Wand verbunden bleiben, sich nicht lösen. Von diesen und folgenden Stadien bekam ich keine Mikrotomschnitte, obwohl ich es mehrmals versuchte; die Sporangien sind vielleicht zu zart.

Wenn die Chlamydospore, im Gewebe der Nährpflanze eingeschlossen, sich entwickelt, kommt es bisweilen vor, dass der Raum zum Austreten fehlt, dann drängt das Sporangium die gesprengte Chlamydosporenwand einfach bei Seite. Das ausgetretene Sporangium war mit vacuolenreichem Plasma erfüllt. Die weiteren Veränderungen bestehen nun darin, dass die Vacuolen im Centrum des Sporangiums zusammenschmelzen; ihre Zahl wurde kleiner, bis noch drei, darnach zwei und schliesslich eine einzige grosse centrale Vacuole da war. Die peripherischen Vacuolen betheiligten sich dagegen an diesem

Zusammenschmelzen nicht. Alles Plasma liegt also jetzt wandständig gelagert in einer breiten Schicht, welche Vacuolen enthält. Das Zusammenschmelzen der innern Vacuolen war direct zu beobachten, es ging ohne Unterbrechung und rasch vorwärts: um 9 Uhr 28 Min. war die centrale Vacuole schon geformt. In der breiten Plasmaschicht sind wimmelnde Körner zu sehen. Um 9 Uhr 55 Min. fingen dann die Vacuolen in der Plasmaschicht an, undeutlicher zu werden. Die Bewegung der wimmelnden Körner wurde weniger lebhaft. Um 10 Uhr 25 Min. waren die Vacuolen verschwunden. Dieses Verschwinden entspricht genau den bei *Asoidea* beobachteten Verhältnissen: sie vereinigten sich nicht zu grösseren, theilten sich nicht in kleinere. Man sah sie auch nicht sich mit der inneren Vacuole verschmelzen. Die Plasmaschicht wurde auch nach ihrem Verschwinden nicht schmaler. Man sah nur die Conturen immer undeutlicher werden, bis sie sich der Beobachtung entzogen. Mikrotomschnitte, die diese Erscheinung hätten erklären können, bekam ich nicht. Um 11 Uhr waren die Körnchen ganz zur Ruhe gelangt. Die Plasmaschicht verschmälerte sich nun etwas, wobei die centrale Vacuole ein wenig grösser wurde. Nun ist der Augenblick der Sporenbildung gekommen. Plötzlich theilt sich das Plasma in viele kleine Partien; diese liegen zunächst in drei Lagen. Infolge dessen ist natürlich von radialen Theilungsstreifen wie bei der *Bellidis* keine Rede (Fig. 25 Taf. II). Zwischen diesen Stücken war auch hier keine Zwischensubstanz zu bemerken. Diese Stücke sind Sporen; gleich darauf fielen dieselben auseinander, doch blieben sie, obwohl ohne Ordnung gelagert, in wandständiger Lage.

In diesem Abschnitt weicht meine Darstellung in vielen Punkten von de Bary ab. Derselbe beschreibt die Verhältnisse so: „Das Endosporangium erhält nach dem Austreten sofort die Gestalt einer kugeligen Blase, . . . während der Inhalt folgende Veränderungen erleidet. Zunächst treten rings um die dunkle centrale Protoplasmamasse zahlreiche, in zwei bis drei unregelmässige concentrische Lagen geordnete Vacuolen auf, welche allmählich zu einer Schichte grosser Vacuolen zusammenfliessen. Diese liegen zwischen der centralen Masse und einer dünnen wandständigen Schichte des Protoplasma, sie werden von einander getrennt durch dicke Protoplasmastreifen und Platten, welche von der centralen Masse strahlig in die wandständige Schichte verlaufen. Durch jene Streifen strömt nun allmählich das ganze centrale Protoplasma in die wandständige Schicht über; diese wird stetig dicker, während jenes an Menge abnimmt, zuletzt ist alles

Protoplasma wandständig, die Mitte der Blase wird von einer grossen, mit klarer wässeriger Flüssigkeit erfüllten Höhlung eingenommen. Die wandständige Protoplasmaschicht ist nach dem Verschwinden der centralen Masse ungleichmässig vertheilt, ihre Innenfläche springt an vielen Stellen in Form breiterer oder schmälerer anastomosirender Wülste vor, die ein grobes unregelmässiges Netz darstellen. In ihrem Innern sind hie und da noch kleine Vacuolen eingeschlossen. Allmählich verschwinden diese Unregelmässigkeiten, die Innenfläche glättet sich, die ganze Schicht erhält fast überall gleiche Dicke, und allenthalben durchaus gleichmässige Struktur, nur hie und da bleiben kleine runde Vacuolen. Je näher sie diesem Stadium der Entwickelung kommt, desto durchscheinender, heller wird sie und desto mehr tritt in ihr eine sehr feine und blasse netzförmige Zeichnung hervor. Unmittelbar nach Bildung der wandständigen Schicht sind nämlich die Körnchen des Protoplasma in einfache kurze Reihen geordnet, welche sowohl in der Richtung der Oberfläche als des Radius des Sporangiums zu einem feinen engmaschigen Netze verbunden sind. Die Maschen werden ausgefüllt von durchscheinender, soweit ich es unterscheiden konnte, völlig homogener Protoplasmamasse, welche ich in Folgendem kurz die homogene Substanz nennen will. Bald sieht man nun die Seiten der Maschen breiter, letztere dagegen enger werden, indem die Körnchen zu mehrreihigen Streifen zusammenrücken. Die Dicke der gesammten Protoplasmaschicht nimmt dabei etwas ab. Die Körnchen sind einander jetzt sehr genähert, so dass man sie leicht übersehen und meinen kann, das Netz sei aus einer strukturlosen Masse gebildet. Endlich zerfällt das ganze Netz mit einem Male in unzählige kleine Stücke, indem die Körnchen in ungefähr ebenso viele Gruppen zusammenrücken, als bisher Maschenseiten vorhanden waren. Diese Körnchengruppen sind die Anfänge der Sporen. Sie erhalten alsbald schärferen, wenngleich immer sehr zart bleibenden Umriss und nehmen allmählich die Form kurz cylindrischer Stäbchen an, während die Körnchen, aus welchen sie zuerst bestanden, zu einer gleichförmig trüben Masse zusammenfliessen. Die homogene Substanz nimmt an diesen Vorgängen keinen oder doch nur geringen Antheil. Die Körnerhäufchen und jungen Sporen sind ihr eingebettet, zwischen denselben findet man sie in Form schmaler Streifchen."

Wie aus Vorstehendem zu sehen ist, sind die Abweichungen meiner Darstellung folgende: 1. die Vacuolen treten schon vor dem Austritt des Sporangiums auf; 2. es findet eine Verschmelzung der

Vacuolen in der Mitte statt, nicht ein Hinausströmen des Plasmas aus einer centralen Anhäufung an die Peripherie; 3. die Körnchen sind in wimmelnder Bewegung im Plasma, nicht in einem langandauernden netzartigen Zustand mit homogenem Plasma in den Maschen; 4. alles Plasma zerfällt in Sporen, kein Zusammenrücken von Körnchen zu Gruppen, wobei homogene Substanz unbetheiligt bleibt; 5. die jungen Sporen liegen nicht in einer homogenen Substanz.

Auch der beschriebene Vorgang ist wieder im Wesentlichen der gleiche wie bei *P. Bellidis*: bei beiden schmelzen die Vacuolen zu einer centralen Vacuole zusammen, wobei das Plasma sich wandständig lagert, welches Plasma dann in Stücke, nämlich die Sporen, zerfällt. Die Unterschiede zwischen beiden Arten sind von untergeordneter Bedeutung: bei *P. Bellidis* verschmilzt diese Vacuole mit einer schon vorher an der Basis befindlichen. Das eigenartige Verschwinden der äusseren Vacuolenschicht, welchem ein späteres Contrahiren der Plasmaschicht folgt, ist bei *P. Bellidis* nicht wahrzunehmen, doch ist dies nur von nebensächlicher Bedeutung.

Wir sind bei dem Stadium stehen geblieben, in welchem die Sporen regellos durcheinanderliegen, aber wandständig. Dass die Sporen nicht in die innere Vacuole dringen, beweist, dass auch hier eine dünne plasmatische Haut zwischen Vacuole und Sporen liegt. Ebenso muss auch zwischen Wand und Sporen eine dünne Plasmaschicht liegen. Der weitere Verlauf gestaltet sich folgendermaassen. Man sah kleine Vacuolen von innen her zwischen den Sporen nach aussen dringen (Fig. 26*a* und 26*b* Taf. II, letztere bei oberer Einstellung gesehen). Trotzdem blieben die Sporen scharf in einer Schicht vereinigt. Es war nun, als ob die Sporen sich regelmässig lagerten, wie wenn die Vacuolen bei dem Durchtritt dieselben, welche vorher wirr gelagert waren, in eine solche Stellung geordnet hätten (Fig. 27*a* Taf. II, hier kommen die Vacuolen nicht deutlich zum Vorschein). Gleichzeitig sah man auch die Sporenschicht, an der der Chlamydospore abgewendeten Seite des Sporangiums, die wir als Scheitel bezeichnen wollen, dünner werden und dafür unten an Dicke zunehmen. Hier war das Mesosporium noch zu sehen, später verschwand es, verquoll vielleicht in dem umgebenden Wasser. In dem Maasse, als das Eindringen der Vacuolen zwischen die Sporenmasse stattfand, verkleinerte sich allmählich die innere grosse Vacuole: die Sporenmasse fing an, sich zu contrahiren. Die kleinen Vacuolen treten dann an der Aussenseite der Sporenmasse aus. Man sah jetzt

deutlich, dass um die Sporenmasse herum eine Plasmaschicht liegt, die sich an der Sporenbildung nicht betheiligt hat, in diesem lagern sich die austretenden Vacuolen in einer Reihe, vergrössern sich da dadurch, dass neu ankommende Vacuolen sich mit ihnen verschmelzen und zwar so, dass unten im Sporangium die grössten sich befanden, auf den Seiten allmählich kleinere und oben ganz kleine Vacuolen lagen. Sie waren durch dünne Plasmaplatten getrennt (Fig. 21 *b* Taf. II). Auf diese Weise kam die Sporenmasse wie ein Ball oben in das Sporangium zu liegen. Das Plasma zwischen den Vacuolen war in steter Strömung. Vom Sporenballe ragten einzelne Sporen in die Plasmastreifen zwischen den Vacuolen hinein, die Strömung brachte sie dadurch in Bewegung, nahm selbst hie und da einzelne eine Strecke weit mit, was auf Fig. 27 *b* Taf. II bei *s* zu sehen ist, bis eine entgegengesetzte Strömung sie wieder mit zurücknahm. In diesem Stadium gelang es mir wieder, gefärbte Bilder zu untersuchen (Fig. 28 Taf. II) und mir dabei über das Verhalten der Kerne Klarheit zu verschaffen. Die Sporenmasse ist noch von der Sporangiumwand umgeben. Diese Wand ist beim Schneiden etwas gefaltet, die Sporen liegen etwas zerstreut, an der einen Seite ist die Wand auf eine kleine Strecke nicht zu sehen. Das wandständige Plasma ist rein blau mit Kernen, die Sporen sind bräunlich blau. Sie liegen auf einem farblosen Untergrund, was erkennen lässt, dass keine Zwischensubstanz anwesend ist. Ein Theil der Sporen hat einen Kern, die meisten haben zwei Kerne, zwei sah man mit drei Kernen und eine mit vier Kernen. Dass dies ein Stadium vor dem Auswerfen ist, unterliegt keinem Zweifel. Fraglich ist aber, wie weit dasselbe noch vom Aufspringen entfernt war. Hieraus ist aber zu sehen, dass die Sporen schon mehrkernig sind, bevor sie aus dem Sporangium hinaus geworfen werden.

Der Turgor steigt nun mehr und mehr. Das Sporangium dehnt sich noch etwas, bis endlich die Wand gesprengt wurde. Die Sporen werden mit Kraft ausgeworfen und sind dabei eine Strecke weit vom Sporangium zu suchen. Die Wand des Sporangiums ist elastisch. Nach dem Aufspringen bogen sich die Ränder des Risses nach aussen um. Das Sporangium bleibt offen. Die äussere Plasmaschicht blieb im Sporangium zurück, eine Zeit lang war sie noch wandständig, aber nachher fiel sie zusammen. Sie verging, wie die Wand. Das Auswerfen der Sporen dieses Sporangiums fand um 1 Uhr 30 Min. statt.

Von de Bary's Beobachtungen weiche ich hier wiederum theilweise ab. De Bary sagt: „Die homogene Substanz zieht sich mit

den Sporen von der Wand zurück, aber langsamer. Man sieht sie, wenn jene schon vollständig zusammengehäuft sind, in Form zahlreicher strahlig convergirender fadenförmiger Streifen oder Strömchen von der Wand zu dem Ballen verlaufen. Jene fliessen jedoch in letztere nach und nach vollständig über, und nun dauert es nicht lange, so ist alle homogene Substanz verschwunden — ob zur Ausbildung der Sporen verwendet oder anderweitig aufgelöst, ist nicht zu entscheiden. Die Sporen sind nunmehr von wässeriger Flüssigkeit umgeben. Sie zeigen jetzt sehr deutlich eine schon beim Beginne der Zusammenballung wahrnehmbare zitternde und oscillirende Bewegung, der Umriss des Ballens ändert sich in einem fort, indem einzelne Sporen zwischen den andern hervortreten und wieder verschwinden. Bei diesen Vorgängen bleibt eine zarte als Primordialschlauch zu bezeichnende Protoplasmaschicht, welche die Membran allenthalben bekleidet, unbetheiligt. Dieselbe stellt eine dünne feinkörnige Haut dar, welche durch Jod gelb gefärbt wird und auf Zusatz von Schwefelsäure zusammenschrumpft. In den folgenden Entwickelungsstadien theilt sie das Schicksal der von ihr ausgekleideten Cellulosemembran“.

Hier sind die Abweichungen meiner Befunde folgende: 1. Ich beobachte zwischen den Sporen keine homogene Substanz. 2. Die convergirenden Streifen sind das Plasma des Primordialschlauches zwischen den Vacuolen.

Die kleinen durchtretenden Vacuolen zeichnet de Bary in seiner Fig. 15 ein. In seiner Beschreibung steht aber nichts davon.

Auch dieser Abschnitt der Entwickelung ist wieder in den Hauptzügen denjenigen von *P. Bellidis* ähnlich. Die Sporen werden bei beiden auf gleiche Weise ausgeworfen. Bei beiden bleibt ferner die plasmatische Wandschicht zurück. Nur die Art und Weise, wie die Sporen sich zu einem Ball vereinigen, ist ungleich, da bei *P. Bellidis* der Vacuolensaft nicht durch die Sporenschicht hindurch zu dringen braucht. Resumiren wir, so können wir sagen: es findet bei *Protomyces macrosporus* eine simultane Sporenbildung statt, zwischen den Sporen ist keine Zwischensubstanz, eine kernhaltige äussere Plasmaschicht bleibt zurück, diese hat keinen Antheil an der Sporenbildung genommen.

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass Sappin-Trouffy[1]) eine

---

1) Note sur la place du *Protomyces macrosporus U.* dans la classification. Le Botaniste. 10 Juillet 1897, pag. 285—288.

Figur gibt von *Protomyces macrosporus Unger,* wo fertige Sporen offenbar von der Chlamydospore umgeben sind. Er spricht nicht von einem Austreten des Sporangiums, obwohl er de Bary's Arbeit anführt. Wenn es sich hier wirklich um *Protomyces macrosporus* U. handelt, so liegt hier ein Ausnahmefall vor, welchen ich in meinen Culturen nicht beobachtet habe.

Kapitel 4.

Im Anschluss an die Beobachtung über die Sporangienentwickelung von *Protomyces macrosporus* wurden noch einige Punkte zur Untersuchung beigezogen, die zwar nicht direct zur Hauptaufgabe vorliegender Untersuchung gehören, aber gleichwohl nicht ohne Interesse sind, nämlich die Fusionirung der Sporen nach deren Auswerfen und die Frage nach dem Kreise der Nährpflanzen dieses Parasits.

a) Sporenfusion. Es war von Interesse zu erfahren, ob bei der Verschmelzung der Sporen eine Kernverschmelzung stattfindet. Wie wir oben gesehen haben, lassen die gefärbten Präparate in ausgeworfenen, aber noch nicht fusionirten Sporen 4—7 Kerne erkennen. (Fig. 29 *a* Taf. II.) Nach der Fusion findet man in jeder der beiden fusionirten Sporen jedenfalls 4—7 Kerne. (Fig. 29 *a* Taf. II.) Dieses Verhalten gibt keinen Anhaltspunkt für das Stattfinden einer Kernfusion, sondern lässt sich wohl am ehesten so denken, dass die Sporen bald in vierkernigem, bald in mehrkernigem Zustande fusioniren. Auch bei Beobachtung von lebenden fusionirten Sporen konnte kein sicherer Anhaltspunkt erhalten werden. Ich beobachtete hier in den Sporen einzelne lichtbrechende Körper, von denen ich vermuthe, es seien Kerne; in zwei Fällen sah ich einen derselben in der Querbrücke liegen (Fig. 29 *b* Taf. II), doch konnte ich trotz längerer Beobachtung keine Lageveränderung derselben constatiren.

b) Infectionsversuche. In Rabenhorst's Kryptogamenflora wird *Protomyces macrosporus Unger* auf einer ganzen Reihe von Umbelliferen angegeben, nämlich: *Aegopodium Podagraria L., Heracleum, Sphondylium L., austriacum L., Chaerophyllum hirsutum L., Antriscus vulgaris Pers., Meum Mutellina Gaertn., athamanticum Jacq., Carum carvi L., Daucus Carota L., Gaya simplex Gaud., Seseli coloratum Ehrh., Pimpinella, Saxifraga L.*

Saccardo gibt auch *Meum, Oreoselinum* und *Ambrosia trifida* an.

Nachdem nun aber durch Brefeld für *Ustilago segetum* durch Eriksson, Klebahn und viele andere für die Uredineen gezeigt wurde, dass morphologisch übereinstimmende Pilze sich durch die

Auswahl verschiedener Nährpflanzen als „biologische Arten" zu erkennen gaben, lag es nahe, experimentell zu prüfen, ob dies hier auch der Fall sei. Es wurden daher mit *Protomyces macrosporus* von *Aegopodium Podagraria* folgende Umbelliferen inficirt:

Nr.	Pflanzen	Datum der Infection
1, 20	*Daucus carota L.*, Sämlinge von 1898	1. März u. 9. April 98
2, 19	*Palimba Chabraei DC.*, erwachsene Pflanze . . .	1. März u. 9. April 98
3, 31	*Bupleurum junceum L.*, Sämlinge von 98 . . .	1. März u. 9. April 98
4, 35	*Bubon gummiferum L.*, erwachsene Pflanze . . .	1. März u. 15. April 98
5	*Aegopodium podagraria L.*, erwachsene Pflanze .	1. März 98
6, 28	*Chaerophyllum hirsutum Vill.*, Sämlinge von 98 .	1. März u. 9. April 98
7, 34	*Heracleum Lehmannianum Bge.*, erwachsene Pflanze	1. März u. 15. April 98
8	*Eryngium alpinum L.*, Sämlinge von 98	1. März 98
9	*Cicuta virosa L.*, erwachsene Pflanze	1. März 98
10, 32	*Seseli montanum L.*, erwachsene Pflanze	21. März u. 12. April 98
11, 26	*Petroselinum sativum Hoffm.*, Sämlinge von 98 .	21. März u. 9. April 98
12, 33	*Eryngium agavifolium Grisb.*, erwachsene Pflanze	21. März u. 15. April 98
13, 47	*Eryngium planum L.*, erwachsene Pflanze . . .	21. März u. 30. April 98
14, 22	*Pastinaca sativa L.*, Sämlinge von 98	21. März u. 9. April 98
15, 23	*Libanotis vulgaris DC.*, erwachsene Pflanze . . .	21. März u. 9. April 98
16, 30	*Pachypleurum alpinum Ledeb.*, erwachsene Pflanze	21. März u. 9. April 98
17	*Peucedanum Osthruthium K.*, erwachsene Pflanze .	9. April 98
18	*Torilis helvetica Gmel. DC.*, Sämlinge von 98 . .	9. April 98
21, 51	*Meum athamanticum Jcq.*, erwachsene Pflanze . .	9. April u. 4. Mai 98
24, 40	*Chaerophyllum Villarsii Koch.*, erwachsene Pflanze	9. April u. 19. April 98
25	*Ferula thyrsiflora Sib.*, erwachsene Pflanze . . .	9. April 98
27	*Torilis nodosa Grtn.*, Sämlinge von 98	9. April 98
29, 52	*Pimpinella magna L.*, 52., Sämlinge von 98 . .	9. April u. 4. Mai 98
36	*Astrantia major. L.*, erwachsene Pflanze	16. April 98
37	*Carum petroselinum Bentham*, Sämlinge von 98 .	16. April 98
38	*Carum Carvi L.*, Sämlinge von 98	16. April 98
39	*Eryngium Bourgati Gouan*, Erwachsene Pflanze .	19. April 98
41	*Meum Mutellina Gaertn.*, erwachsene Pflanze . .	21. April 98
42	*Trinia vulgaris DC.*, erwachsene Pflanze	21. April 98
46	*Oenanthe Phellandrium Lmk.*, erwachsene Pflanze	30. April 98
48	*Hacquetia Epipactus DC.*, erwachsene Pflanze . .	4. Mai 98
49	*Bunium virescens DC.*, erwachsene Pflanze . . .	4. Mai 98
50	*Archangelica atropurpurea Hoffm.*, Sämlinge v. 98	4 Mai 98
53	*Athamantha cretensis L.*, erwachsene Pflanze . .	4. Mai 98

Die nach vorheriger Bespritzung inficirten Pflanzen blieben zehn Tage in dem Arbeitszimmer unter einem mit nassem Fliesspapier bekleideten Glas stehen, wurden hernach abgedeckt und in ein Treibhaus gebracht. Das Material, welches zu den Versuchen

Nr. 1—48 diente, stammte aus Königstein, dasjenige zu den Versuchen 48—53 aus der Umgebung von Bern.

Das Endresultat war, dass folgende Pflanzen nach vier bis sechs Wochen mehr oder weniger zahlreiche Schwielen zeigten:

2, 19 *Palimba Chabraii DC.*, 4, *Bubon gumniferum L.*, 5 *Aegopodium Podagraria L.*, 9 *Cicuta virosa L.*, 32 *Seseli montanum L.*, 15, 23 *Libanotis vulgaris DC.*, 30 *Pachypleurum alpinum Ledeb.*, 25 *Ferula thyrsiflora Lib.*, 42 *Trinia vulgaris DC.*, 49 *Bunium virescens DC.*, 53 *Athamanta cretensis L.*

Bei mikroskopischer Untersuchung zeigten die Schwielen überall mehr oder weniger reichliche Chlamydosporen.

Auf den übrigen genannten Umbelliferen war das Resultat ein negatives; bei der verhältnissmässig geringen Zahl von Versuchen beweist aber dieses negative Ergebniss noch nicht, dass besagte Pflanzen von dem auf Aegopodium lebenden *Protomyces macrosporus* nicht befallen werden können. Vielmehr waren wohl hierbei Zufälligkeiten im Spiel; merkwürdig ist es, dass gerade die Sämlinge nirgends befallen wurden. Ebenso sei bemerkt, dass *Taraxacum officinale Weber* und *Aposeris foetida Less*, wie übrigens zu erwarten war, ebenfalls nicht erfolgreich inficirt werden konnten. Diese Culturversuche beweisen also jedenfalls, dass der auf Aegopodium lebenden *Protomyces macrosporus Unger* im Stande ist, auf verschiedenen Umbelliferen-Gattungen zu leben, die Specialisation desselben ist demnach bei weitem nicht so weit vorgerückt, als bei den Ustilagineen und Uredineen.

Kapitel 5.

Im obigen wurde die Sporenentwickelung der Vertreter von zwei verschiedenen Gattungen der Hemiasci beschrieben. Es frägt sich nun zunächst, wie sich andere Formen dazu verhalten. Die meisten Beobachter haben den Details der Sporenbildung nicht genauere Aufmerksamkeit geschenkt. Einiges lässt sich aber doch aus ihren Angaben entnehmen.

Zunächst beschreibt Holtermann[1]) eine weitere Art von Ascoidea: *A. saprolegnioides H.* Von der Sporenbildung derselben sagt er: „Die einzelnen Vorgänge liessen sich nicht erkennen. Das Protoplasma der Schläuche erschien allmählich dunkler und körnig und wurde schliesslich so undurchsichtig, dass jede genaue Beobachtung ausgeschlossen war. Die Wände des Sporangiums verdichten sich

1) Mycologische Untersuchungen aus den Tropen von Dr. Carl Holtermann.

stark, indem die mittlere Schicht bedeutend aufquoll und glänzend lichtbrechend erschien. Die Sporen wurden sehr langsam und als einheitliche Masse von einer dünnen Haut umgeben, ausgestossen, nicht wie bei *Ascoidea rubescens* in langen wurmartigen Windungen herausgedrückt. Die Sprengung des Sporangiums vollzog sich dadurch, dass die unterliegende Zelle, die in das Sporangium hineinwuchs, einen starken Druck auf die Sporenmasse ausübte und hierdurch die Wände zerriss. In zweiter Linie mochte der Process durch eine Quellung der eigenartig glänzenden Zwischensubstanz, welche die Sporen umgibt, gefördert werden. Die äussere Schicht des Sporangiums war zäh und dick. Die unterliegende Zelle konnte deshalb weit in das Sporangium hineinwachsen, bis eine Sprengung eintrat. Dies veranlasste aber oft eine Aenderung der Sporangiumform, nämlich eine sackförmige Erweiterung."

Obwohl Holtermann die innere Entwickelung nicht gesehen hat, stimmt der Umstand, dass die Sporen in einer Zwischensubstanz austreten und dass diese Masse von einer dünnen Haut umgeben ist, mit der *Ascoidea rubescens* überein, man darf daher wohl annehmen, dass die Vorgänge auch im Einzelnen mit letzterer übereinstimmend sich gestalten.

Ein neuer Fall von Sporenbildung ist für die Hemiasci durch Holtermann[1]) beschrieben worden bei *Oscarbrefeldea pellucida.* Er erwähnt: „Die Bildung eines solchen Sporangiums wird dadurch eingeleitet, dass ein Mycelfaden sein Spitzenwachsthum verlangsamt, während die Strömungen in den Zellen noch in voller Thätigkeit sind. In dem farblosen Zellsaft zeigt sich allmählich ein körniges Protoplasma. Nachdem die Spitze keulenförmig oder cylindrisch geworden ist, trennt sich das Fadenende durch eine Scheidewand von dem Mycel ab. Sowohl das apicale als auch das basale Ende der Zelle wird körnig und allmählich verlaufen an der Wand hin Protoplasmalinien, die erst ganz fein sind, später aber grösser werden und zum Schluss zu einer homogenen, durchsichtigen Protoplasmamasse verschmelzen. Einige Zellen sind mehr, andere weniger protoplasmareich; aber stets finden wir das körnige Protoplasma als Wandbeleg, während die Mitte der Zellen von einem safterfüllten Raum eingenommen wird, in welchem nur einzelne kleine Protoplasmakörnchen von dem langsamen Strom umhergeführt werden, bis sie an der Wand haften bleiben.

---

1) l. c.

Besonders die beiden Enden des Schlauches fallen im Anfang durch ihren Protoplasmareichthum auf; bald kommen in der Mitte der Zelle kleine, farblose, körnige Ansammlungen zum Vorschein. Zwischen diesen verlaufen zarte Hyaloplasmafäden und körnerführende Plasmastränge. Diese werden deutlicher und deutlicher, bilden neue Verbindungen unter sich und vergrössern sich, bis sie bei der fortschreitenden Entwickelung auf einander stossen und so mit einander verschmelzen, dass sie eine zusammenhängende Platte bilden. Dies ist die erste neue Theilungsebene. Der Vorgang findet in ähnlicher Weise statt, wie das Zufrieren einer runden Oeffnung im Eise, das am Rande beginnt und langsam nach Innen fortschreitet.

Der ursprüngliche einzellige Schlauch wird also in zwei Theile zerlegt.

Bisweilen bildet sich die Platte nur von der einen Seite ausgehend und durch ihr fortschreitendes Wachsthum in transversaler Richtung wird die Zelle getheilt.

Schon wenn die Scheidewand in der Mitte des Schlauches eben sichtbar geworden ist, beginnen die beiden Theilstücke in ähnlicher Weise sich zu zerlegen, wie der Mutterschlauch, indem jeder Theil in der Mitte eine neue Theilungsebene zeigt. Durch diese wiederholte Zweitheilung wird der Schlauch in vier übereinanderliegende Zellen abgegrenzt und so kann die Theilung in geometrischer Progression sich weiter vollziehen, indem jede Theilzelle eine neue Scheidewand in der Mitte bildet. Wir finden Schläuche mit 8 und 16, oft sogar mit 32 Zellen. Der seitliche Wandbelag verdickt sich bei jeder Theilung, oft bekommt er deshalb einen Durchmesser, der der Weite des Hohlraumes entspricht.

Die Hohlräume runden sich an den Enden ab und nehmen eine elliptische Form an; ihre Wände bekleiden sich mit einer dünnen, körnigen Schicht. Die Hohlräume bilden das Innere der zukünftigen Sporen; sie grenzen sich durch eine cuticularisirte Schicht (das spätere Episporium) von der Zwischensubstanz ab. Die oft reichlich vorhandene Zwischensubstanz ist eine zähe, stark lichtbrechende Masse. Sie ist nicht mit den Zellwänden des Schlauches verwachsen, denn in der Regel wird bei der später folgenden Ejaculation der ganze Inhalt des Schlauches ohne jede Complication entleert. Oft tritt er als zusammenhängende Masse aus. Zuweilen aber scheiden sich die letzten Sporen mit kleinen Reihen der Zwischensubstanz etwas später ab. Deshalb verbleiben die Membrane der Sporangien während des ganzen Theilungsactes dünn und werden nicht merkbar dicker, als diejenigen des vegetativen Fadens.

Die Ejaculation vollzieht sich jedenfalls in den Culturen sehr langsam, indem der Inhalt in einer nicht näher verfolgten Weise die Endwand durchbricht und als wurmförmige Masse zum Vorschein kommt, während der entleerte Theil des Sporangiums sich etwas zusammenzieht. Sehr häufig erscheinen in der Mitte der Sporen protoplasmatische Ansätze — dies sind rudimentäre Theilungsebenen. Der Schlauch hat noch einmal eine Theilung vornehmen wollen, aber nur die ersten protoplasmatischen Ansammlungen zu Wege gebracht. Die Grösse der Sporangien schwankt bedeutend und die Zahl der gebildeten Sporen gibt keinen Massstab; denn ein grosser Schlauch enthält oft nur einige Sporen, während der übrige Theil mit grossen Massen von Zwischensubstanz erfüllt ist.

Was uns bei allen diesen Vorgängen besonders interessirt, ist die Thatsache, dass die Kerntheilung keine Rolle bei der Differenzirung der Sporen spielt."

Wie aus dieser Beschreibung zu sehen ist, findet hier eine wiederholte Zweitheilung des Inhalts statt, wobei das Plasma den inneren Saftraum in Stücke zerlegt. Die Hohlräume bekommen Wände, werden Sporen, das umgebende Plasma wird die Zwischensubstanz. Kerne sind nach Holtermann nicht anwesend.

Da ich die Sporangien der Oscarbrefeldia nicht gesehen habe, kann ich von dieser Art der Sporenbildung nichts weiteres sagen.

Von den übrigen Gattungen dürfte sich mit *Ascoidea* am ähnlichsten verhalten: *Dipodascus albidus Lagerheim.* De Lagerheim[1]) nennt die länglichen, schmal auslaufenden Sporangien Sporenschläuche; diese entstehen in Abweichung von Ascoidea alle ohne Ausnahme durch Fusion von zwei Zellen. Diese Zellen oder „Gameten" entstehen auf derselben Hyphe aus aneinandergrenzenden Zellen oder an verschiedenen Hyphenzweigen. Die „Gameten" sind schon reicher an Protoplasma und ärmer an Vacuolen wie die Mutterhyphe, ehe sie durch eine Scheidewand von diesen abgegrenzt sind. Bei der Fusionirung kommen sie in offene Verbindung. Leider konnte de Lagerheim aus Mangel an Hülfsmitteln nicht untersuchen, wie sich bei dieser Verschmelzung die Kerne verhalten. Nach dem Verschmelzen wächst eine der beiden Gameten zum Sporenschlauch aus. Die Sporenentwickelung gestaltet sich darin folgendermaassen, de Lagerheim sagt: „Das Protoplasma sammelt sich in dem oberen

---

1) Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik, Band XXIV, Heft 4.

Theil des auswachsenden Schlauches und erscheint dunkel, körnig und feinvacuolig. An der Spitze des jungen Sporangiums erscheint das Protoplasma heller, fast körnerlos. Im unteren Theil des heranwachsenden Sporangiums treten allmählich grössere Vacuolen auf. Wenn der Schlauch eine gewisse Länge erreicht hat, verjüngt er sich im oberen Theil, so dass er schliesslich, wenn er seine definitive Grösse erlangt, eine ausgezogene Kegelform besitzt. Inzwischen hat sich das Protoplasma zum grössten Theil in dem oberen Theile des Schlauches angesammelt; im unteren Theile desselben treten sehr grosse Vacuolen auf, so dass das Protoplasma dort zu dünnen Scheiben reducirt erscheint. Das im oberen Schlauchtheil angesammelte Protoplasma erscheint jetzt stark körnig, und bald erkennt man, dass in demselben die Sporenbildung vor sich gegangen ist. Bei der Kleinheit der Sporen war es mir nicht möglich, den Vorgang der Sporenbildung näher zu verfolgen. Nicht das ganze Protoplasma wird zur Ausbildung der Sporen verbraucht, sondern ein beträchtlicher Theil davon bleibt als eine die Sporen umhüllende Zwischensubstanz übrig. Diese Zwischensubstanz hat eine gelbliche Farbe und erscheint stark lichtbrechend." Die Sporangien sind langgestreckt, kegelförmig mit stumpfer Spitze. Die Membran ist farblos, glatt, fest und an der Spitze etwas dicker und an der Innenseite weicher. Sie sind fast immer gekrümmt, was de Lagerheim dem Aerotropismus zuschreibt. Das Austreten der Sporen ist sehr eigenartig, es geschieht an der Spitze, deren Rand sich dabei ein wenig zurückbiegt, wonach Spore für Spore nach aussen tritt wie ein Faden, in der Zwischensubstanz, welche sehr klebrig ist, eingelagert, der Faden rollt sich zu einer Kugel zusammen und bleibt dann auf der Mündung liegen. Die Sporen treten zuerst schnell heraus, allmählich langsamer, die letzten treten nicht mehr aus, sondern bleiben oben im Sporangium sitzen und verstopfen den Ausgang. Die Kraft, welche die Sporen nach aussen trieb, lag in der Vergrösserung der unteren Vacuolen. Infolge der Verstopfung des Sporangiums kann diese vacuolige Masse nicht austreten. Dadurch collabirt das Sporangium nicht, es bleibt steif und nach oben vorragend, mit der Sporenkugel auf der Spitze. De Lagerheim denkt, dass Insekten, angelockt durch den Geruch des Schleimes, hierauf kommen, wobei die klebrigen Sporenkugeln an ihre Körper sich heften und auf diese Weise verschleppt werden.

Auch hier findet also freie Sporenbildung mit Zurücklassung von Zwischensubstanz statt.

Thelebolus Stercoreus ist im Jahre 1790 durch Tode[1]) beschrieben worden. Zukal[2]) beobachtete im Jahre 1885 seine Entwickelung näher. Die Hülle des Sporangiums nennt er Perithecium, diese ist kugelig oder eiförmig, mündungslos und hat einige Rhizoiden. In Wasser untersucht, sieht man in der oberen Polargegend eine Anschwellung, welche sich vergrössert, über den Scheitel dieser Hervorragung springt die Kapselwand auf, wobei langsam ein glänzender, dicker Schlauch hervortritt. Das Austreten dieses Schlauches dauert ein bis drei Minuten. Nur zu Dreiviertel tritt er nach aussen, um den Basaltheil bleibt die zusammengeschrumpfte Peritheciumwand sitzen. Der Ascus hat eine Länge von 200 μ und eine Breite von 150 μ, die Wand ist 5 μ dick, sie ist von einer Schleimschicht umgeben, wodurch das glänzende Aussehen entsteht. Die Ascuswand hat oben eine kappenförmige Stelle, welche ein anderes optisches Verhalten hat, als die übrige Wand, der Kappetheil ist matt und porös und die übrige Wand reflectirt das Licht ziemlich stark.

Zukal sagt weiter: „Der mächtige Ascus ist an seiner Innenseite mit einer ziemlich dicken Schichte von Protoplasma ausgekleidet; für gewöhnlich ist diese plasmatische Wandschichte schwer sichtbar, sie tritt aber sofort deutlich in der bekannten Weise hervor, wenn man wasserentziehende Reagentien anwendet.

Das ganze Innere des Schlauches wird von einer grossen Anzahl (wahrscheinlich 8 × 6 μ) sehr kleiner farbloser Sporen gleichmässig erfüllt. Dieselben besitzen eine gestreckt ellipsoidische Form und sind etwa 5 μ lang und 3 μ breit.

Wenn ich gesagt habe, dass der ganze Schlauch von der Sporenmasse nahezu gleichmässig erfüllt wird, so gilt dies nur für den trocknen, liegenden, reifen Ascus; denn sobald derselbe in das Wasser gelangt, ziehen sich die Sporen zu einem einzigen, in der Scheitelregion des Schlauches liegenden Ballen zusammen. Dabei erkennt man deutlich, dass die ganze Sporenmasse, ähnlich wie bei Saccobolus von einer besonderen Schichte von Hyaloplasma gleichwie von einem Sacke eingeschlossen wird. Dieser ist es, welcher sich wie ein Muskel activ contrahirt; die Sporen folgen nur passiv seinem Drucke. Zuweilen sieht man auch, dass einzelne Plasmastränge den Sporensack (sit venia verbo) mit dem Wandplasma verbinden. Während sich die Sporen in der Scheitelregion des Ascus

1) Fungi Mecklenb. sel. fasc. I, pag. 41 Tab. VII, Fig. 56 *a*—*h*, 1790.

2) Denkschr. d. k. Academie d. W., Wien 1886. pag. 21—26 Tab. 1.

zusammenballen, vergrössert sich der letztere unter den Augen des Beobachters fort und fort. Die Vergrösserung erfolgt hauptsächlich in der Richtung seiner Längenachse, und zwar durch einen Druck, der von innen nach aussen wirkt. Durch diesen Druck wird die sehr elastische Ascuswand hauptsächlich in ihrem obersten Theile passiv gedehnt.

Wie entsteht aber der von Moment zu Moment stetig wachsende Druck im Innern des Ascus? Auf eine sehr einfache Weise. Der Schlauch enthält nämlich in seinem Innern eine grosse Menge einer quellbaren Materie. Diese quellbaren Massen sind hauptsächlich in seiner Basisregion aufgestapelt, und zwar in der Form von halbflüssigen Bällchen oder Blasen; ihrer chemischen Constitution nach dürften sie zu der Gruppe der „Pflanzenschleime" gehören.

Gelangt nun der reife Ascus in das Wasser, so nehmen die gummiartigen Massen in seinem Innern das Wasser mit einer grossen Energie auf, wobei sie rasch aufquellen und sich haufenwolkenartig nach oben gegen die Sporen zu vertheilen." Hauptsächlich kommt dieses Imbibitionswasser durch die obere poröse Stelle der Wand nach innen, zuweilen mit solcher Gewalt, dass der Sporenballen durch den Wasserstrom weit nach hinten mitgenommen wird, um, wenn die Strömung geringer wird, nach seinem Platz im Scheitel zurückzukehren. — „Da die Quellungserscheinungen im Innern des Ascus fortdauern und demnach der Druck von innen nach aussen fortdauernd wächst, so wird endlich die Festigkeit der Schlauchwand überwunden und derselbe reisst am Scheitel und zwar an der differenzirten Hautstelle in 2—4 Lappen auf. Weil aber die Ascusmembran eine grosse Elasticität besass, so stand im Momente des Platzens auch der Inhalt des Ascus genau unter demselben Druck wie seine Membran. Dieser Druck muss sehr gross sein, weil die ganze Sporenmasse auf die enorme Entfernung von $1^{1}/_{2}$ cm fortgeschleudert wird."

So lange der Ascus noch als eine dünnhäutige, kugelige Blase im Innern des jungen Peritheciums sichtbar ist, ist deutlich ein einziger grosser Zellkern wahrzunehmen. Wahrscheinlich entsteht der Ascus früher als die Rinde. Später sind mehr Kerne zu sehen, bis sie endlich nicht mehr zu zählen sind.

Brefeld[1]) beschreibt noch eine kurze Stielanlage unter dem

---

1) l. c. pag. 115.

Sporangium und denkt, dass der Druck zur Ejaculation nicht in erster Linie durch die Zwischensubstanz geliefert wird, aber die verquellende Sporangienmembran und das umgebende Hüllgewebe mitarbeiten.

Aus dieser Untersuchung von Zukal ist nur hervorzuheben, dass eine Art Zwischensubstanz in Form einer quellbaren Materie nach der Sporenbildung anwesend ist.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Sporangium von *Ascoidea,* wie auch von *Protomyces* mit dem von *Thelebolus* besteht darin, dass die ersteren ihre Entwickelung mit mehreren Kernen anfangen, der letztere seine Entwickelung mit einem Kern anfängt.

Als *Hemiasci* beschreibt sodann Holtermann[1]) *Conidiascus paradoxus.* Hier sieht er Conidien zu Sporangien sich entwickeln. Dieselben enthielten drei bis fünf rundliche Sporen. Die Bildungsweise der Sporen konnte er nicht näher verfolgen, da die Conidien unter Deckglas keine Sporen bildeten. Weiter erwähnt er: „Die Masse der Sporen blieb von dem Epiplasma umgeben und wurde in der Regel gemeinschaftlich ejaculirt unter Durchbrechung der Spitze des Sporangiums."

Für *Monascus* ist durch v. Tieghem[2]) und Harz,[3]) später genauer durch Went[4]), die Sporangiumentwickelung verfolgt worden. Letzterer beschreibt dieselbe für *Monascus purpureus* folgendermaassen. Er sagt: La figure 17 nous fait voir un jeune sporange contenant un protoplaste avec plusieurs vacuoles assez grandes; dans la figure 18, celles-ci se sont divisées de manière que le protoplaste est devenu écumeux. Puis le protoplaste devient trop opaque et les vacuoles deviennent en même temps trop petites, pour pouvoir les distinguer encore; c'est le cas dans les figures 19 et 20; la ligne pointillée de la figure 19 est la limite des filaments couvrants vue dans une position un peu plus haute du tube; d'où il suit qu'ici le sommet du sporange n'est pas encore entouré de la couche couvrante. Enfin, le contenu du sporange se divise en une quantité de spores; quoique j'aie cherché bien longtemps, je n'ai jamais pu découvrir le moment de la division; elle doit se faire dans un temps bien court. . . . Mais de temps en temps, on voit des cas, comme celui qui est représenté dans la figure 23. Ici, seulement une partie du sporange est remplie

1) l. c.
2) Bulletin de la Societé botanique de France Tome XXI, pag. 227 und 229.
3) Botan. Centralbl. Bd. XLI, 1890, pag. 370. Bd. XLII, 1890, Tafel I.
4) Annales des Sciences natur. 1895, pag. 1—16 pl. 1 u. 2.

de spores; dans l'autre partie, on voit des bandes de protoplasme avec des vacuoles. Je ne sais si c'est un cas pathologique n'ayant rien à faire avec l'état normal, ou bien resterait-il toujours une partie du contenu du sporange, qui ne se divise pas et qui alors se trouverait dans le centre du sporange? . . . Quand on étudie la surface de la masse de spores, on voit que, là du moins, il n'y a aucune substance entre ces spores, comme le montre la figure 25 à un grossissement très fort; bien plus, on voit que les spores se pressent de manière à devenir angulaires, comme des cellules d'abeille.

Le nombre des spores est assez variable; j'ai vu des sporanges avec 6, avec 8, avec 10 spores, mais j'en ai vu aussi qui en contenaient environ 150 et jusqu'a 500. Comme la grandeur des spores varie très-peu, les dimensions étant environ 5 μ sur 6,5 μ, on conçoit que le diamètre des sporanges doit présenter des variations extrêmes. Aussi ai-je mesuré le diamètre d'un périthèce ayant 25 μ, tandis que dans d'autres cas c'était 50 ou 75 μ.

Le périthèce ne s'ouvre pas, les pores ne devenant libres que quand la paroi du sporange avec la couche couvrante périssent. — Le cas, dessiné dans la figure 24, qui donne l'impression que le périthèce s'ouvre n'a été vu qu'une seule fois. — Au moment de devenir libres, les spores ont encore leurs contours angulaires, mais bientôt elles s'arrondissent et prennent une forme ovale."

Aus dieser Untersuchung geht nicht mit Sicherheit hervor, ob neben den Sporen noch Protoplasma unverbraucht bleibt, es kann daher auch nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob Monascus unsern beiden beschriebenen Formen näher steht.

Zu den Hemiasci wird endlich auch Endogone gestellt, obwohl über deren Sporenbildung sehr wenig bekannt ist. Die Sporangien sitzen in kleinen Fruchtkörpern in grosser Anzahl zusammen. Sie entstehen am Ende von Hyphen, Reste dieser Hyphen liegen bisweilen zwischen den Sporangien. Schröter[1]) hat sporenartige Gebilde in den Sporangien gesehen, aber deren Entwickelung nicht verfolgt. Ed. Fischer[2]) hat an aufgeweichtem Herbariummaterial ausser fertigen Sporen in den Sporangien auch noch jüngere Sporen gefunden, bei welchen eine protoplasmatische Zwischensubstanz nicht wahrzunehmen war, ebenso auch keine wandständige Plasmaschicht. Diese Sporen habe ich ebenfalls in aufgeweichtem Herbariummaterial

1) Engler und Prantl. Natürliche Pflanzenfamilien, pag. 148.

2) Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora. Erster Bd., V. Abth., pag. 124.

in Keimung gesehen, sie wachsen durch einen dicken Keimschlauch aus. Sonst ist über die Entwickelung der Sporangien nichts bekannt. Nach diesen wenigen bekannten Daten scheint Endogone jedenfalls nicht in näherer Beziehung zu Ascoidea und Protomyces zu stehen.

Fassen wir also dasjenige, was heute über die Hemiasci bekannt ist, zusammen, so können wir sagen: Dipodascus, vielleicht Oscarbrefeldia nähern sich Ascoidea, Protomyces dagegen steht mehr für sich allein, und die übrigen Gattungen sind zu ungenügend bekannt, um einen Vergleich durchzuführen.

Kapitel 6.

Vergleich der Sporangienentwickelung der Hemiasci mit derjenigen der Ascomyceten und Phycomyceten.

Nachdem wir gesehen haben, wie sich die Entwickelung der Sporen bei den Hemiasci verhält, bleibt uns noch der Vergleich mit den Ascomyceten und Phycomyceten durchzuführen übrig. Die Entwickelung der Asci der Ascomyceten ist von de Bary,[1]) Dangeard,[2]) Strasburger[3]) und Schmitz[4]) eingehender beobachtet worden, mehrere Beobachter haben nachher diese Untersuchungen bestätigt, abgesehen davon, dass Holtermann[5]) die Kerne nicht finden konnte. Harper[6]) hat die Sporenwandbildung beobachtet. Nach de Bary's[7]) Beschreibung gestaltet sich im Ascus die Sporenbildung folgendermaassen: „Bei einer Anzahl von Pezizen ist der jugendliche Ascus mit feinkörnigem, einzelne Vacuolen umschliessendem Protoplasma erfüllt, in dessen Mitte, sobald der Schlauch etwa ein Drittel seiner definitiven Länge erreicht hat, ein Zellkern deutlich wird, in Form eines hellen, kugeligen Körpers, in welchem ein centraler, kleinerer, stark lichtbrechender liegt. Ob man den ge-

---

1) Die Fruchtentwickelung der Ascomyceten, pag. 34.

2) La reproduction sexuelle des Ascomycetes. Le Botaniste Ser. IV, pag. 21.

3) Bot. Zeitg. 1879, p. 272, Zellbildung u. Zelltheil., 3. Aufl., pag. 49 ff.

4) Ueber d. Zellkerne d. Thalloph. in Sitzungsb. d. Niederrh. Gesellsch., 4. August 1879.

5) l. c.

6) Kernth. u. freie Zellb. im Ascus in Jahrb. f. wissensch. Bot.

7) Vergl. Morph. u. Biol. der Pilze, Mycetozoen u. Bact., 1884, pag. 81.

sammten Körper als Kern und den inneren kleineren alsdann als Nucleolus zu bezeichnen hat, oder ob letzterer allein den eigentlichen Zellkern darstellt, ist noch näher zu untersuchen.

Mit dem ferneren Wachsthum des Schlauches rückt das Protoplasma in das obere Ende desselben ein; in dem unteren, bis Dreiviertel der ganzen Länge betragenden Theile bleibt nur mehr wässerige Flüssigkeit und ein dünner, die Wand überziehender Protoplasmabeleg. Hat der Ascus sein Längenwachsthum vollendet, so wird der Anfang der Sporenbildung dadurch angezeigt, dass an der Stelle des ursprünglichen Zellkerns zwei kleinere auftreten. In einem ferneren Stadium findet man vier, dann acht Kerne, immer von der gleichen Struktur, aber um so kleiner, je höher ihre Zahl ist. Nach der Anordnung der Kerne und Strasburger's Beobachtungen an Anaptychia kann kein Zweifel sein, dass sie durch successive Zweitheilung aus dem primären hervorgehen. Die acht Kerne letzter Ordnung gruppiren sich in ziemlich gleiche Entfernung von einander; endlich ist jeder derselben von einer runden Portion Protoplasma umgeben, welche von dem übrigen durch grössere Durchsichtigkeit ausgezeichnet und durch eine sehr zarte Linie abgegrenzt ist. Diese Protoplasmaportionen sind die Anfänge der Sporen, sie entstehen alle gleichzeitig, erhalten bald feste Membranen und wachsen, im Innern des Ascus zu einer Längsreihe geordnet, etwa aufs Doppelte ihrer ursprünglichen Grösse heran: Das Protoplasma, welches zie zuerst umgibt, verschwindet während ihres Heranwachsens bei *Pez. pytia* rasch; es wird hier immer gleich dem in den Sporen enthaltenen durch Jod gelb gefärbt. Bei *P. confluens* zeigt das Protoplasma des Ascus vor der Sporenbildung die gleiche Jodreaction, und das Nämliche gilt jederzeit von dem in den Sporen. Dagegen nimmt nach Entstehung letzterer das Protoplasma die Eigenschaften einer Substanz an, für welche ich den Namen Epiplasma vorgeschlagen habe und welche sich von dem gewöhnlichen Protoplasma durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen eigenthümlich homogen-glänzendes Aussehen und besonders durch die rothbraune oder violettbraune Farbe auszeichnet, welche sie bei Einwirkung selbst sehr verdünnter Jodlösung annimmt.

Bei einer Anzahl anderer mit grossen Ascis versehener Arten tritt schon vor der Sporenbildung eine Sonderung des zuerst gleichförmigen Schlauchinhalts in Protoplasma und Glycogenmasse ein. . . . Der Zellkern liegt immer in dem Protoplasma, central oder etwas excentrisch, die Sporenbildung findet gleichfalls in diesem Theile

statt und zwar gleichfalls im Wesentlichen auf die oben beschriebene Weise."

Am Schluss seiner Beschreibung der Pyrenomyceten-Asci sagt de Bary: „Alle diese Thatsachen lassen kaum einen Zweifel daran, dass die Entwickelung der achtsporigen Asci bei den Pyrenomyceten mit den Discomyceten im Wesentlichen übereinstimmt und dass fernere Beobachtungen hierfür den bestimmten Nachweis liefern werden." Weiter sagt er: „Auch bei *Exoascus Pruni* fand Fr. Schmitz in den Schläuchen und den Sporen Zellkerne; im Uebrigen schliesst sich die Sporenentwickelung dieses Pilzes vollkommen den Discomyceten an."

Dangeard[1]) untersuchte in neuerer Zeit die ersten Entwickelungsstadien der Asci. Er fand, dass der erste Ascuskern entsteht durch Verschmelzung von zwei vorher vorhandenen Kernen, eine Erscheinung, die er sexualact deutet. Bei *Peziza vesiculosa* sieht Dangeard diese zwei Kerne sich erst theilen. Von jedem Kernpaar kommt einer in dem eigentlichen Ascus. Diese zwei verschmelzen zum Ascuskern. Bei *Exoascus deformans* verschmelzen beide Kerne vor der Bildung der Asci. Nach Harper[2]) findet eine Kernverschmelzung in einem früheren Stadium statt, bei der Vereinigung von zwei Zellen auf eine Weise, die mit dem Sexualact der höheren Gewächse eine grössere Uebereinstimmung hat.

Sehr schöne Untersuchungen führte Harper[3]) aus über die Bildung der Sporenwand und das Entstehen der Sporen bei *Erysiphe communis Wallr.* und *Peziza stevensoniana.* Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dass der Kern sich an der Polseite ganz allmählich zuspitzt. Diese Spitze verlängert sich, wobei die Centrosphäre mehr und mehr von dem eigentlichen Kernleib sich entfernt. Der so entstandene Schnabel ist ein langes schmales Röhrchen mit erweitertem Grunde, das sich dann rasch verschmälert und oben bisweilen wieder etwas erweitert. Der Schnabel wird etwas länger als der Kern breit ist. In diesen Schnabel hinein reicht ein Fortsatz des Chromatingerüstes bis an das Ende, wo die Centrosphäre liegt. Die Wand des Schnabels, obwohl eine Fortsetzung der Kernwand, ist doch eine Neubildung. Hat der Schnabel seine definitive Länge erreicht, dann legen die Radien der Strahlensonne des Centrosoms sich um und

---

1) l. c.

2) Die Entw. d. Perith. b. *Sphaerotheca Castagnei,* 1896, pag. 473. Ber. D. b. G.

3) l. c.

formen von der Centrosphäre als Centrum aus einen Hohlkegel um den Kern. Die Radien verschmelzen unter einander und wachsen in die Länge fort, umschliessen so den Kern und einen Theil des Plasmas. An dem unteren Rande sind es noch freie Fasern. Endlich biegen sie nach unten zusammen und verschmelzen da mit den Enden und Seiten. Der Schnabel verdünnt sich hierauf und zuletzt zieht sich die Centrosphäre nach dem Kerne zurück, welcher sich wieder rundet.

Harper[1]) hat festgestellt, dass die reifen Sporen im Ascus von *Peziza stevensoniana, Ascobolus furfuraceus, Peziza badia* und *Plicaria repanda* einen Kern haben. Dagegen fand Dangeard bei den reifen Ascussporen von *Aspergillus glaucus* zwei Kerne. Unter den Hemiasci nähert sich nun, was die Kernverhältnisse anbelangt, *Thelebolus stercorius P.* den Ascomyceten. Bei beiden fängt die Entwickelung ihres Sporangiums mit einem Kern an. Ascoidea nähert sich den Ascomyceten durch ihre freie Sporenbildung mit Zurücklassung von Zwischensubstanz, doch besteht ein wichtiger Unterschied darin, dass die Entwickelung seines Sporangiums mit mehreren Kernen anfängt. Auch *Dipodascus albidus* ist den Ascomyceten verwandt durch seine freie Sporenbildung und Zurücklassung von Zwischensubstanz. Ebenso dürfte sich Conidiascus mit seiner Zwischensubstanz auch hier anschliessen.

Grössere Verschiedenheit gegenüber den Ascomyceten zeigt dagegen Protomyces, 1. indem zwischen den Sporen keine Substanz unverbraucht, dafür aber nach aussen ausser der Sporenmasse ein plasmatischer Sack übrig bleibt, der sogar Kerne enthält, 2. durch von Anfang an grosse Anzahl von Kernen im Sporangium.

Ueber die Entwickelung der Phycomyceten liegen zahlreiche Beobachtungen vor, so aus neuerer Zeit von Pringsheim,[2]) de Bary,[3]) Walz,[4]) Brefeld,[5]) Strasburger,[6]) Büsgen,[7])

1) Beitr. z. Kenntn. d. Kerntheil. u. Sporenbild. im Ascus. Ber. d. D. bot. Ges. 1895, pag. 67.

2) Pringsh. Jahrb. II, pag. 169—192. Entw.-Gesch. d. Achlya pr. N. A. A. L. C., 1851.

3) Bot. Zeit. 1852. Annales d. sc. nat. s. IV, t. XIII 1860 u. s. IV, t. XX, 1863.

4) Bot. Zeit. 1870.

5) Myc. Unt. Erst. Heft 1872.

6) Zellbild. u. Zelltheil., III. Aufl., 1880.

7) Die Entwickel. der Phycomycetenspor. Pringsh. Jahrb. Bd. XIII, Heft 2, 1882.

Marshall Ward,[1]) Berthold,[2]) Hartog,[3]) Rothert[4]) und Leitgeb.[5])

Zur Vergleichung mit den von uns untersuchten Formen wollen wir die Untersuchung beiziehen, welche Rothert über *Saprolegnia Thureti, Saprolegnia specs.* und *Saprolegnia monoica* ausgeführt hat. Das Sporangium entsteht hier am Ende eines Fadens, welcher schwach keulenförmig anschwillt, sein Wachsthum dabei einstellend. Es kann auch intercalar gebildet werden. Die nach der Spitze gerichtete Plasmaströmung dauert zunächst fort, wodurch das Plasma sich dicht in dem keulenförmigen Ende ansammelt. Dieses Plasma ist hier in steter Bewegung, bildet bisweilen einen dicken Wandbeleg um einen schmalen centralen Hohlraum herum. An der Basis geht dieses Plasma über in die dünne Wandschicht des Tragfadens, bis eine Grenze sichtbar wird zwischen dem Plasma des Sporangiums und des Tragfadens. An dieser Stelle entsteht eine breite Hyaloplasmascheibe, an deren Basis simultan die Querwand auftritt. Die Sporangien theilt Rothert ein in gefüllte, normale und inhaltsarme. Die normalen haben eine kleine centrale Vacuole mit dickem Plasmawandbeleg, die inhaltsarmen haben eine grosse Vacuole mit dünner Plasmawandschicht. Uebergänge sind natürlich auch da.

In die Hyaloplasmaschicht, unter der die Querwand sich gebildet hat, wandern jetzt auch Körner, wodurch der ganze Inhalt des Sporangiums körnig wird. In den nicht gefüllten Sporangien treten in dieser Hyaloplasmaschicht erst Vacuolen auf, die sich mit dem inneren Lumen vereinigen, bevor erstere körnig wird. Die Querwand wölbt sich meist in den Tragfaden hinein. Nach einiger Zeit ist das Plasma überall gleichmässig körnig und in den nicht gefüllten Sporangien ist die Wandschicht allseitig gleich breit geworden. Am Ende des Sporangiums entsteht ein Fortsatz, dieser enthält erst Hyaloplasma, das aber später meist grösstentheils auch körnig wird und in innigerem Verband mit der Wand steht, als das andere Plasma. Nun treten im Plasma Spalten auf, die simultan ein Netzwerk bilden. Bevor das Netzwerk definitiv gebildet ist, sind diese

---

1) In Quart Journ. Micr. Soc. N. S., 1883.

2) Protoplasma Mechanik, 1886.

3) Recherches sur la structure des Saprolegniées u. Annals of Botany. Vol. II, N. VI, 1888, pag. 201 ff.

4) Die Entwickl. d. Sporangien bei den Saprolegnieen.

5) Pringsh. Jahrb. Bd. VII, pag. 357—389.

Spalten erst einige Zeit unstabil, können verschwinden und wieder auftreten; niemals gehen sie aber bis zur Wand. Es bleibt also der Wand entlang ein continuirlicher Beleg. Die so abgegrenzten Partien sind die Sporenanlagen. Die Spalten sind anfänglich überbrückt von Plasmaverbindungen, welche von einer Sporenanlage zu den anderen gehen, diese untereinander noch verbindend; dann aber verschwinden diese Verbindungen grösstentheils rasch, nur wenige bleiben noch. Zwischen den Sporenanlagen in den Spalten befinden sich an einzelnen Stellen Protoplasmastreifen oder einzelne Plasmakörner. Das Meiste davon wird später von den Sporenanlagen eingezogen, ein Theil persistirt bis zur Trennung dieser. (Das Gesagte gilt für die normalen Sporangien, bei den gefüllten gehen die Spalten nicht von einem Lumen aus, da ein solches hier fehlt, aber sie gehen von der Mitte aus nach allen Seiten. Bei den Inhaltsarmen entsteht nur eine wandständige Lage von Sporenanlagen, die durch Spalten oder Buchten getrennt sind, welche ebenfalls nicht bis zur Wand des Sporangiums reichen, mit anderen Worten, die Sporenanlagen entstehen als kleine Erhebungen auf einem zusammenhängenden Wandbeleg.) Aus dieser Darstellung von Rothert ergibt sich also, dass in den Sporangien der Oomyceten, so weit sie untersucht sind, Spaltung, das heisst Theilung des Plasmas stattfindet, ohne Zurücklassung von Zwischensubstanz, aber auch ohne gleichzeitige Wandbildung, denn die Wand entsteht später, bei vielen Arten sogar wird die Sporenwand ausserhalb des Sporangiums gebildet. Weiter beschreibt dann Rothert, wie nach der Spaltung des Plasmas die Sporenanlagen sich contrahiren; hierbei verbreitern sich die Spalten zwischen denselben. Die Sporenanlagen werden glänzender und schärfer contourirt, die vorher unebene Oberfläche glättet sich dabei. Die Sporenanlagen sind von Anfang an nicht in Ruhe, sondern verändern ihre gegenseitige Lage langsam. Der Wandbeleg hat ausser der Schicht feiner Körnchen stellenweise einige grössere Körner oder Plasmaanhäufungen, welche in das Lumen zwischen den Sporenanlagen vorspringen, auch sind noch Protoplasmafäden da, mit oder ohne Körner; diese verlaufen theils im Wandbeleg selbst, theils (in den inhaltsarmen Sporangien) quer und schräg durch das Lumen des Sporangiums von einer Sporenanlage zur anderen. Bei den verschiedenen Sporangien wird das Plasma nun feinkörniger und dadurch durchsichtiger. Die Sporenanlagen quellen auf und nähern einander so, dass sie durch den gegenseitigen Druck polygonal werden, doch bleiben sie getrennt. Dabei treten kleine Vacuolen auf; diese

vergrössern sich, verschwinden wieder und neue entstehen, was eine Zeit lang dauern kann. Während des Aufquellens der Sporenanlagen theilt sich der Protoplasmawandbeleg. Bei den inhaltsarmen Sporangien sieht man, dass der zarte, bis dahin ganz continuirliche Protoplasmawandbeleg, dem die Sporen gewissermaassen aufsitzen, zwischen den Sporen sich von der Membran abhebt, in der Mitte theilt und von den Sporen eingezogen wird. Diese Sporenanlagen sind nun getrennt, sie sind zu Sporen geworden.

Rothert beobachtete nach der Trennung der wandständigen Sporenanlagen, dass der Zellsaft, da das continuirliche, wandständige Plasma nicht mehr vorhanden ist, nicht mehr zurückgehalten wird, und durch die Wand hindurch rasch nach aussen tritt. Der Turgor ist aufgehoben, das Sporangium verkürzt sich, die Querwand wölbt sich nach innen in Folge der Turgescenz der unteren Zelle. Der ausgetretene Zellsaft lockt Bacterien an, die nun in Menge um das Sporangium schwärmen. Die Sporen runden sich, treten von der Membran zurück, der scheitelständige Fortsatz des Sporangiums wird frei von Sporen. Aus den Sporen wachsen an dem vorderen Ende Cilien hervor, wobei sie anfangen, sich wackelnd zu bewegen, sie bekommen Vorsprünge, die sich abschnüren, diese Plasmaklümpchen werden wieder eingeschluckt und es entstehen neue, die meist wiederum eingeschluckt werden. Die Sporen werden oval, feinkörnig mit drei peripherischen Vacuolen, wovon eine wenigstens pulsirend ist. Die Endwand des Sporangiums wird blasser und verschwindet. Die Sporen schwärmen aus. Verschwindet die Querwand nicht ganz, dann zwingen die Sporen sich durch, die Ersten bleiben dabei, aber dann nicht intact.

Rothert nimmt die beschriebene Entwickelungsart auch für die übrigen *Saprolegnieen-Genera* an, bloss die Art und Weise der Sporenentleerung mit den unmittelbar vorausgehenden Stadien sind nicht für alle gleich.

Aus dieser Darstellung von Rothert ersieht man, dass Ascoidea von den Saprolegnieen sehr wesentlich abweicht durch den Besitz einer Zwischensubstanz und dadurch, dass die Sporen nicht durch Spalten von einander getrennt werden. Grösser dagegen ist die Aehnlichkeit von Protomyces mit den Saprolegnieen, indem bei beiden die Sporen ohne Zwischensubstanz durch Spaltung getrennt werden. Hingegen wird bei Protomyces der protoplasmatische Wandbeleg mit Kernen nicht in die Sporenbildung mit einbezogen. Ferner sind die Sporen bei Protomyces schon mehr-

kernig, bevor sie das Sporangium verlassen, während die reifen Sporen der Saprolegnieen nur einen Kern haben.

Für die Sporenentwickelung der Zygomyceten bestehen nur wenige Angaben. Büsgen sagt ausdrücklich, dass bei *Mucor Mucedo* in dem Stadium, in welchem die Sporen aus dem Gesammtprotoplasma entstehen, keine Zwischensubstanz anwesend ist.

Bei einer früheren Gelegenheit habe ich, freilich im Hinblick auf andere Fragen als die der Sporenbildung, auch *Mucor racemosus* untersucht und fand, dass gefärbte Präparate bei Untersuchung folgende Verhältnisse ergeben: Die Sporangien haben vor der Sporenbildung eine Vacuole rings um die Columella. Die Columella selbst enthält Plasma und Kerne. Das wandständige Plasma hat viel Kerne und ausserdem hie und da kleine farblose Stellen. In einem anderen Schnitte fand ich auch das Theilungsstadium, hier ist alles Plasma in Stücke getheilt, von denen einzelne einen Kern erkennen lassen. Zwischensubstanz ist dabei nicht zu sehen. Die Sporen im Sporangium haben zwei, bisweilen drei Kerne.

Aus diesen sehr lückenhaften Angaben ist aber so viel zu ersehen, dass auch hier eine nähere Beziehung zu Ascoidea nicht besteht, dass dagegen auch hier wieder Protomyces grössere Aehnlichkeit aufweist: bei beiden ein Theilungsstadium mit gleichzeitiger Wandbildung ohne Zwischensubstanz, bei beiden ist das Sporangium von Anfang an vielkernig, bei beiden können jeweilen mehrere Kerne in den reifen Sporen enthalten sein. Ob bei Mucor ein äusserer Plasmasack vorhanden ist, bleibt dahingestellt.

Das Endresultat ist, dass die Hemiasci in Bezug auf ihre Sporenentwickelung keine einheitliche Gruppe darstellen, ein Theil derselben (Ascoidea) zeigt mehr Analogie mit den Ascomyceten, andere dagegen (Protomyces) nähern sich mehr den Phycomyceten.

Erklärung der Figuren.

Bemerkung: Die Figuren sind von freier Hand, nicht mit der Camera entworfen, dabei ist wesentlich nur auf die Strukturverhältnisse Rücksicht genommen, weniger dagegen auf die Grössenverhältnisse. Die Figuren sind (mit Ausnahme der 1.) nach Zeis' Apochromat. Oelimmersion 2.0 und Ocular 12 gezeichnet.

Tafel I.

Ascoidea rubescens Brefeld und *Lindau.*

Fig. 1*a*. Das „netzartige“ Stadium. Nach einem lebenden Exemplare. Eine zum Sporangium auswachsende Zelle, es ist dies die Anlage des 4. Sporangiums. Durch seine Entwickelung schiebt dieselbe die Sporenmasse des

3. Sporangiums hinaus, deren Sporen aber nicht eingezeichnet sind, vielmehr ist nur der Umriss der Masse angegeben.

Fig. 1*b*. Dasselbe Stadium nach einem fixirten gefärbten Bilde. Nur der obere Theil des jungen Sporangiums ist abgebildet. Das Plasma enthält viele Kerne und ein Kerntheilungsstadium.

„ 2. Das „netzartige“ Stadium. Nach einem lebenden Exemplar. Die Sporangiumanlage ist durch eine Querwand in zwei getheilt, von denen die obere das junge Sporangium darstellt. Es ist dieses das dritte. Die zurückbleibende tütenförmig gewordene Kappe des vorigen Sporangiums ist noch zu erkennen.

„ 3. Das „schaumige“ Stadium, nach lebendem Material.

„ 4*a*. Das „körnige“ Stadium, nach lebendem Material.

„ 4*b*. Dasselbe Stadium fixirt gefärbt. Blaue und braune Körner im blaugefärbten Plasma, dazwischen farblose Vacuolenreste.

„ 5. Das „sporenbildende“ Stadium, nach einem fixirt gefärbten Präparat. Blaue und braune Körner im blaugefärbten Plasma, ausserdem sind die Kerne zu sehen. Diese sammeln Plasma und Vacuolensaft um sich herum. Mehrere sind erst im Begriff es zu thun, bei zweien ist dies schon weiter vorgeschritten. Die farblosen Stellen sind Vacuolenreste.

„ 6*b*. Etwas weiter vorgerücktes Stadium, nach einem fixirt gefärbten Bilde. Die Sporenwand ist angelegt, und in den jungen Sporen hat Kerntheilung schon stattgefunden.

„ 7. Eine einzelne fertige Spore, nach lebendem Material.

„ 8. Nach einem fixirt gefärbten Präparat. Ein Stückchen eines Sporangiums mit einigen Sporen, um die gegenseitige Lage derselben sehen zu lassen. Man sieht sie theils von der schmalen, theils von der breiten Seite Die weiteren Sporen sind nicht eingezeichnet. *Protomyces Bellidis Krieger* (sämmtlich nach lebenden Exemplaren).

„ 9. Chlamydospore im Ruhezustand.

„ 10. Beginn des Auswachsens des Endosporiums.

„ 11. Ein weiteres Stadium. Unten eine basale Vacuole, oben im Plasma treten kleine Bläschen auf. Einige sind schon grösser. Um $1^1/_2$ Uhr.

„ 12. Dasselbe Sporangium als in Fig. 11. „Schaumiges“ Stadium. Die Vacuolen vergrössern sich.

„ 13. Das Plasma ist wandständig geworden, im Innern sind nur noch drei Vacuolen da. Um $4^1/_4$ Uhr.

„ 14. „Sporenbildendes“ Stadium. Im Plasma ist Spaltung aufgetreten.

„ 15. Die Sporen haben ihre palissadenförmige Stellung verlassen, liegen aber wandständig.

„ 16. Die Sporen haben sich oben im Sporangium angesammelt. Um $6^1/_2$ Uhr.

„ 17. Ein anderes Sporangium. Die Sporenmasse hat die Form eines ovalen Balles angenommen.

Tafel II.

Protomyces macrosporus Unger.

Fig. 18. Eine ruhende Chlamydospore, nach lebendem Material.

„ 19. Eine Chlamydospore nach einem fixirt gefärbten Präparat. Die dunkel gehaltenen Partien sind dunkelbraun, die Wand lässt hellblaue Zonen erkennen.

Fig. 20. Nach einem fixirt gefärbten Präparat. Der Inhalt ist ein hellbräunlich blaues, wabiges Plasma mit blauen Kernen und Kerntheilungsstadien. Wand mit hellblauen Zonen.

„ 21*a*. Eine Chlamydospore bei Beginn der Weiterentwickelung, nach lebendem Material, bei hoher Einstellung des Mikroskops gezeichnet. Der Inhalt besteht aus einem hellen, centralen Theil mit peripherischer dunkler Zone.

„ 21*b*. Chlamydospore nach fixirt gefärbtem Präparat. Der centrale Theil mit dunkelbraunen Partien, die peripherische Zone besteht aus wabigem, sehr hellbraunem Plasma, offenbar nur noch mit wenig Fett. Die Wand ist blau.

„ 21*c*. Chlamydospore nach einem fixirt gefärbten Präparat. Der centrale Theil ist offenbar durch die Präparation zusammengeschrumpft, er ist dunkelbraun. Das peripherische Plasma ist rein blau und enthält viele Kerne, aber kein Fett mehr. Wand mit hellblauen Zonen.

„ 22. Weiteres Stadium der Entwickelung der Chlamydospore nach einem lebenden Bilde, bei tiefer Einstellung. Die centrale Partie erscheint dunkel und enthält sieben Vacuolen, die peripherische Schicht ist hell.

„ 23. Die centrale Partie ist mit Vacuolen gefüllt; nach lebendem Material.

„ 24. Ein ausgetretenes Sporangium, „schaumiges“ Stadium, nach lebenden Exemplaren. Der Inhalt ist vacuolig. Das Mesosporium ist unten breiter und klebt hier der leeren Chlamydosporewand an.

„ 25. Das „sporenbildende“ Stadium. Lebendes Exemplar. Mesosporium weggelassen.

„ 26*a*. Kleine Vacuolen sind zwischen den Sporen getreten. Lebendes Exemplar. Mesosporium weggelassen.

„ 26*b*. Dasselbe Stadium, eine kleine Partie in der Oberflächenansicht.

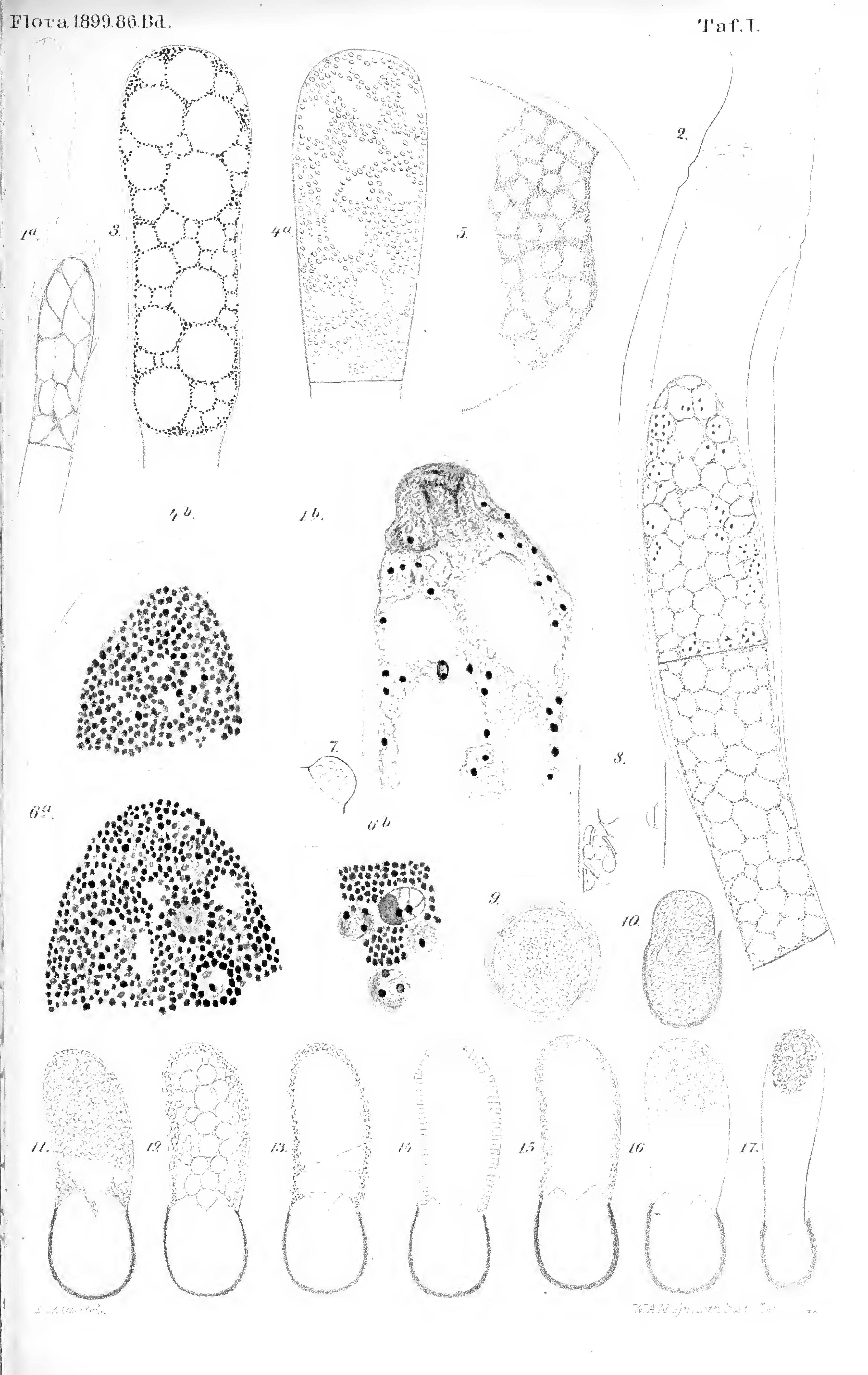
„ 27*a*. Der Inhalt des Sporangiums lässt Scheitel und Basis unterscheiden. Die Sporen sind regelmässiger gelagert. Das Mesosporium ist hier wieder mitgezeichnet. Lebendes Exemplar.

„ 27*b*. Die Sporenmasse contrahirt sich. Die Vacuolen sind in eine Reihe im wandständigen Plasma gelagert. Bei S. sieht man Sporen zwischen den Vacuolen. Lebendes Exemplar.

„ 28. Sporangium nach einem fixirt gefärbten Präparat. Die Sporen sind hellbräunlichblau und zeigen blaue Kerne. Hie und da nur einen, meist zwei, bei einigen auch schon drei Kerne. Wandständiges Plasma rein blau mit blauen Kernen.

„ 29*a*. Unfusionirte Sporen mit fünf und sechs Kernen. Fusionirte Sporen mit vier und sechs Kernen. Nach fixirt gefärbten Präparaten.

„ 29*b*. Nach einem lebenden Exemplar. Glänzende Körperchen (Kerne?) von denen eines in der Querbrücke.


1a.
3.
4a.
5.
2.
4b.
1b.
7.
8.
6a.
6b.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.

18.
22.
26a
26b
19.
23
27a
29a
20
24
21a
27b
s
29a
21b.
28
21c
25.
29a
29b

Popta del.

Contribution à l'étude du sac embryonnaire chez certain Gamopetales.

Par

Dr. Gabrielle Balicka-Iwanowska.

Avec 8 planches.

Les questions fondamentales rattachées à la naissance et au développement du sac embryonnaire ont déjá été élucidées dans leurs traits principaux, aussi est-il bien difficile aujourd'hui d'ajouter quelque-chose d'essentiel dans un domaine, où les recherches ont été poussées bien loin et où elles ont démontré la présence de loix fixes. Cependant, même les faits connus et decrits peuvent être considerés à un certain point de vue special et éclaircir ainsi les questions qui restent controversées, oû donner une autre valeur à d'autres, sur lesquelles on est déjà tombé d'accord.

C'est toujours le point de vue biologique qui fournit un champ de recherches fructueuses, car c'est ici que les faits censés minimes sont relevés par le rattachement qu'on leur donne aux loix générales. La question de nutrition est sans aucun doute de ce nombre, car elle subit plus particulièrement les loix d'adaptation et, en sa qualité d'un des fondements principaux de la vie végetale, influence tout le champ de ses manifestations. Aussi, comme sujet de mon travail present, j'ai choisi en premier lieu la question de nutrition du sac embryonnaire dans plusieurs familles des Gamopetales, plus spécialement chez les Scrofularinées, ensuite chez d'autres familles de l'ordre des Personatae (Gesneriacées, Pedalinées, Plantaginées), enfin chez les Dipsacées (Morina longifolia) et les Campanulinées (Campanula, Lobelia). J'omet l'apperçu historique de la question, il se trouve décrit d'une manière suffisamment circonstanciée dans les travaux de Guignard.[1])

Dans le cours de ces recherches, limitées pour le moment à la méthode d'observation, à l'exclusion de la méthode expérimentale, j'ai pu constater certains nouvaux faits de détail, qui ne sont pas dénués d'importance. Tout le travail présente nécessairement des lacunes, inévitables en présence de l'étendue immense de la question.

---

1) „Recherches sur le sac embryonnaire des phanérogames angiosp.“ Annales des sciences nat. VI. série, 1882, t. XIII.

Qu'il me soit permis d'exprimer ici mes remerciements à Mr. le prof. Goebel pour les conseils précieux qu'il ne m'a pas ménagé, ainsi que pour les ressources abondantes que fournit son laboratoir, où j'ai executé le présent travail.

Munich, Juin 1898.

Scrophulariaceae.

1. Antirrhineae.

Digitalis purpurea.

Le sac embryonnaire est allongé dans sa partie chalazienne et élargi dans la partie micropylienne, le tout entouré d'un tégument épais, qui est traversé par un faisceau primaire, à cellules allongées et riches en protoplasma, mais ne presentant pas les veritables éléments d'un faisceau fibrovasculaire. Sa direction est indiquée sur la fig. 1 pl. III/IV.

L'apareil sexuel est constitué normalement; avant la fécondation le noyau endospermique secondaire est situé vers le milieu de la partie allongée (fig. 1, 2 pl. III/IV). A la base du sac je n'ai observé que des vestiges d'antipodes, parfois un noyau unique, plus ou moins désagrégé, jamais de parois cellulaires distinctes. Ceci semble confirmer l'opinion de Westermayer[1]), qu'en général chez les Scrophularinées les antipodes sont particulièrement difficiles à constater, grâce à leur petitesse et à la ténuite de leur parois. Dans tous les cas elles ont une existence très éphémère.[2]) La fécondation une fois effectuée, les synergides s'atrophient et leur noyau se désagrège. En même temps le noyau endospermique secondaire subit un changement de position bien caractéristique, notamment il opère une migration

---

1) M. Westermayer, „Zur Embryologie der Phanerogamen, insbesondere über die sog. Antipoden.“ Nova Acta der Leopold. Carol. Akad. O. Nat. Bd. 57. 1892.

2) Je laisse ouverte la question posée par Vesque („Développement du sac embryonnaire des végétaux phanérogames Angiosp.“ Annales des sciences nat. VI, 1878, T. VIII), qui affirme que chez les Gamopétales il n'y a point d'antipodes, mais bien des „anticlines“, qui se régénèrent dans certains cas sans se diviser (cotyloïdes) et donnent de ramifications. Ce qui est certain, c'est que plusieurs Gamopetales, comme Uroskineria spectabilis, Pedicularis palustris (Scrophularinées), les Plantaginées etc. presentent à la base du sac embryonnaire trois cellules bien distinctes et d'une disposition classique, propre aux antipodes; chez les Dipsacées j'ai même pu constater, comme nous le verrons dans la suite, leur multiplication incontestable.

vers le haut et se rapproche peu à peu de l'oosphère. On peut même déterminer le degré relatif du développement du sac embryonnaire d'après la place occupée par le noyau en question. C'est justement dans la région élargie du sac, que s'opère la prémière division endospermique: le noyau grandit considérablement et devient très riche en chromatine. Les fig. 3, 4, 5, 6 et 7 pl. III/IV montrent les phases successives de cette migration qui présente un fait constant. Elle est intéressante au point de vue de la nutrition de l'oosphère: celle-ci une fois fécondée, réclame une nutrition plus abondante et il semble que c'est justement le noyau endospermique qui est appélé à remplir ici un rôle correspondant. Je n'ai jamais observé dans cette dernière phase de noyau antipodial, il semble désagrégé et nous voyons seulement deux traînées protoplasmiques qui longent l'embryosac, depuis le noyau secondaire endospermique jusqu'à sa base chalazienne. Dans la partie micropylienne élargie, à la place des synergides disparues, l'embryosac pousse quatre prolongements d'origine endospermique, qui s'élargissent et forment un haustorium, rempli de protoplasma d'une structure toujours plus spongieuse avec l'âge (fig. 8 *a*, 9, 10, 11 pl. III/IV). Le haustorium quadruple ne possède pas de membranes cellulaires, mais les noyaux y persistent à l'état libre et peuvent même se diviser. Les prolongements du haustorium communiquent avec le tissu endospermique par quatre tubes élargis à leurs bases et fortement remplis de protoplasma. L'Hematoxyline les colore d'une couleur intense et fortement violette: on peut les considérer comme des conduits de matière nutritive. Dans la partie chalazienne, les cellules endospermiques se différencient en deux tubes allongés, munis de noyaux propres (fig. 8 *b* pl. III/IV). Ces tubes sont en communication directe avec un tissu nutritif (Nährgewebe), qui est au début très riche en contenu protoplasmique, mais à mesure que le tissu endospermique devient de plus en plus compact, il gélifie ses membranes et désagrège son contenu; les tubes chalaziens constituent donc aussi un haustorium. Nous sommes par conséquent en présence de deux haustoriums: micropylien et chalazien. Tout les deux disparaissent à la maturité de l'embryon ne laissant que des traces plus ou moins marquées de protoplasma gelifiée. Avant la fécondation, on trouve l'amidon dans le placenta, dans la région micropylaire du tégument, ou il est plus abondant, ainsi que quelques traces dans les tapètes. Quand le tissu endospermique est en voie de formation, on ne trouve plus d'amidon que dans la région micropylienne, de même quand l'embryon est déjà formé. Une cutine tapisse la cavité du sac embryon-

naire, mais elle fait défaut dans sa partie mycropylienne. Les tapètes qui, au début de la formation de l'embryosac, recouvrent sa partie allongée, ne la dépassent jamais dans la suite; elles subsistent longtemps, mais leur contenu diminue sensiblement.

Scrophularia vernalis.

Le sac embryonnaire se compose comme chez Digitalis d'une partie micropylienne élargie et d'un prolongement entouré de tapètes. L'appareil sexuel est normalment constitué, le noyau endospermique secondaire est sujet à une même migration vers l'oosphère (fig. 12 pl. III/IV). Les points de différence entre Digitalis et Scrophularia correspondent principalement à l'âge plus avancé du sac embryonnaire, coïncidant avec la division de l'endosperme. Les quatre prolongements du haustorium micropylaire se ramifient en digitations arborescentes, sont munis de noyaux et flanqués à leur base d'une couche de tissu nutritif à parois assez épaisses, facilement gélifiables et d'une configuration pareille à celle du tissu nutritif chalazien (fig. 13, 14 *a* pl. III/IV). Les deux tubes allongés du suçoir du haustorium chalazien communiquent directement avec leur tissu nutritif. Nous y trouvons des gros noyaux typiques pour le haustorium et un contenu très riche (fig. 14 *b* pl. III/IV).

Les tapètes, qui au début n'occupent que la région moyenne du sac embryonnaire, notamment sa partie étroite et allongée, poussent ensuite vers le haut et occupent toute la longueur du sac; toutefois les régions haustoriales, chalazienne et micropylaire, en restent dépourvues. Les tapètes sont très pauvres en contenu, par contre le tissu nutritif est gorgé de matières albuminoïdes. La reaction à l'Jode nous montre la présence de l'amidon dans le placenta et dans la région micropylienne du tégument. C'est dans cette région seulement que le tégument interne — les tapètes — ne possèdent pas de cutine.

Linaria Cymbalaria.

L'ovule de L. Cymbalaria possède un tégument épais et riche en contenu protoplasmique. Le sac embryonnaire, très allongé et étroit, ne présente d'ailleurs, dans les premières phases de son développement, aucune particularité notable, en comparaison avec les deux espèces précédentes, si ce n'est qu'il est plus richement rempli de granules albuminoïdes (fig. 15 pl. III/IV). Les tapètes, assez riches en contenu, surtout dans leur couche supérieure, environnent la partie étroite du sac. Les antipodes sont parfaitement distinctes, elles per-

sistent jusqu'au moment de la formation complète du haustorium chalazien (fig. 15, 16, 17 pl. III/IV). L'appendice du haustorium, ainsi que son extremité inférieure, sont riches en contenu protoplasmique. Le haustorium lui-même se désagrège peu è peu et disparaît complètement vers l'âge où l'embryon est définitivement formé et clairement distinct (fig. 18 pl. III/IV). L'espace qu'il occupait est partiellement envahi par le tissu endospermique, qui remplit alors, comme nous le verrons, lui-même l'office d'un haustorium chalazien. Le tissu nutritif attenant à la partie chalazienne du sac, est pauvrement pourvu de matière et communique comme toujours avec les éléments du faisceau primaire qui part du placenta. Le tissu nutritif entoure complètement l'extremité inferieure du sac embryonnaire, dès le point où s'arrêtent les tapètes. Les cellules ont la forme de losange et l'on distingue facilement les noyaux (fig. 18 pl. III/IV). Leurs parois sont toujours fortement gélifiées, surtout vers l'appendice haustorial, ou elles finissent par former une traînée compacte. La formation de l'endosperme avance depuis la partie micropylienne vers la chalaze et dans cette dernière les parois cellulaires ne se forment que tardivement (fig. 16 pl. I). Quand le sac embryonnaire en est complètement rempli, le haustorium chalazien lui-même se divise en deux compartiments principaux (fig. 17 pl. III/IV). Linaria Cymbalaria présente en outre une particularité par rapport à la configuration générale du sac embryonnaire quelque peu avancé: celui-ci se rétrécit vers les deux tiers de sa longueur et forme un étranglement, une espèce d'istme qui sépare nettement sa portion chalazienne, non recouverte de tapètes (fig. 18 pl. III/IV). Celle-ci est traversée par un conduit vide qui se forme au moment de la désagrégation du haustorium, et va pénétrer jusque dans la profondeur du corps du sac embryonnaire. C'est évidemment un canal conducteur, par où passent les substances, élaborées par le tissu nutritif ainsi que par le faisceau primaire, qui le relie avec le placenta. Les cellules endospermiques qui entourent le conduit se colorent plus fortement par l'Hematoxyline que les couches supérieures, ce qui atteste la richesse de leur contenu. L'appendice, séparé ainsi du sac proprement dit par l'istme, subit une strangulation progressive et finit par former un vrai haustorium chalazien, rempli de cellules gélifiées, qui ne communique avec le corps du sac embryonnaire que par un passage étroit et vide. Son aspect général présente une similitude complète avec l'appendice micropylien analogue (fig. 19 pl. III/IV). L'appendice primitif (fig. 16 pl. III/IV), formé de plusieurs cellules fusiformes symétriquement disposées, se désagrège dans la suite, simul-

tanément avec le haustorium chalazien. Sa régenération s'opère au dépens du tissu endospermique du sac. L'appendice est composé de cellules gélifiées de bonne heure et entouré d'une couche de cellules réticulées (fig. 19 pl. III/IV) qui constituent la couche interne du tégument et ont été décrits chez la famille des Scrophularinées par Bachman.[1])

L'amidon se trouve avant la formation de l'endosperme dans toute la longueur du sac et dans le tégument de la région micropylienne. Quand l'endosperme est formé, le sac se vide d'amidon, mais nous le trouvons dans le placenta, dans le tégument de la région micropylienne et dans le faisceau primaire. La cutine tapisse la cavité du sac; vers l'âge plus avancé, elle fait défaut dans la partie micropylienne et chalazienne.

Scoparia dulcis.

Cette éspèce posède des ovules relativement petits et d'une structure assez grêle (fig. 20 pl. V/VI). Le tégument qui, dans beaucoup d'autres genres des Scrophularinées, atteint une épaisseur considérable et possède des cellules riches en contenu protoplasmique, présente ici un aspect diaphane. Nous ne trouvons point de faisceau primaire qui communique avec le tissu nutritif, si caractéristique pour les autres Scrophularinées. Ce tissu nutritif manque de même, ce qui est évidemment en rapport avec la configuration du sac embryonnaire, qui dans sa terminaison chalazienne est dépourvu de haustorium typique, mais démontre comme un vestige atavistique de celui-ci (fig. 21 pl. V/VI). Le sac embryonnaire, dans sa phase première, qui précède la fécondation, présente dans sa partie micropylienne un élargissement qui occupe la moitié de sa longueur, l'autre moitié est bien plus étroite et c'est seulement dans cette région qu'on observe les tapètes. Le noyau endospermique secondaire se trouve dès le début à l'entrée de la partie amincie. Les antipodes sont grêles, menues et difficiles à constater. Dans cette période (fig. 20 pl. V/VI) le placenta est très riche en amidon et de même on observe beaucoup d'amidon dans les cellules de tout le pourtour du sac embryonnaire, plus ou moins dans les trois rengées de cellules qui y adhèrent. Les cellules epithéliales du placenta présentent un contenu richement protoplasmique et mucilagineux.

Après la fécondation, l'endosperme se forme dans toute la longueur du sac et s'éfile en tube bifide à l'extrémité chalazienne (fig. 21 pl. V/VI).

---

1) E. Theodor Bachman, „Darstellung der Entwickelungsgeschichte und des Baues der Samenschalen der Scrofularineen". Halle 1882.

Ce prolongement éfilé atteint la base du tégument et s'appuit contre les cellules de l'epiderme, dont il n'est separé que par une mince zone de protoplasma gélifié. Dans la partie micropylaire élargie les cellules endospérmiques semblent être pourvues d'un contenu plus riche. Au pourtour de cet élargissement il n'y a point de tapètes, mais des cellules à membranes épaisses et gélifiables, un certain genre des cellules nutritives (fig. 21 pl. V/VI). Les cellules épithéliales du placenta perdent beaucoup de leur contenu. Les grains d'amidon se trouvent dans le placenta et dans le tissu aux membranes épaissies, qui entoure la partie micropylaire du sac. C'est justement cette partie qui ne possède pas de cutine, mais la réaction avec H_2SO_4 la colore en violet: toute la partie micropylaire atteste sa nature cellulosique. Le reste de la cavité du sac montre la présence d'une cutine assez forte. Le placenta est cutinisé, sauf dans la partie formant l'attache de l'ovule.

Après la formation complète de l'embryon, le tissu nutritif dénotte encore des traces d'amidon, qui disparait du placenta. Les cellules épithéliales du placenta sont désagrégées dans la partie adhérente au sommet du sac embryonnaire, celles qui environnent cette partie désagrégée deviennent réticulées et perdent leur contenu protoplasmique (fig. 22 pl. V/VI). La partie micropylaire du sac est entourée d'un tissu à membranes gélifiées, elle est depourvue de cutine. Il semble que le tissu environnant l'élargissement micropylaire du sac, ainsi que celui de la région placentaire avoisinante, jouent un rôle prépondérant, peut-être exclusif, dans la nutrition, ce qui est demontré par la gélification de leur membranes ou leur désagrégation.

Torenia Fournieri, Deli, et Sp. Nov.

Ce genre si intéressant, à cause de la configuration extraordinaire du sac embryonnaire, fut l'objet d'études réitérées. Cependant les auteurs, faute de materiel avancé, n'ont pas pu pousser leurs observations assez loin.[1]) Dans Torenia Fourneri, T. Deli, T. sp. nov. on observe toujours le même phénomène d'une croissance extraordinaire du sac embryonnaire, qui dépasse le micropyle, s'applique étroitement au funicule et touche même au placenta (fig. 23, 24, 25 pl. V/VI). Avant

1) J'ai eu l'occassion d'examiner quelques espèces de ce genre dans toute les phases de son développement, grâce à l'envoi aimable d'un matériel abondant de la part du Dr. M. Raciborski, qui me l'a fait parvenir de Java. Je profite de l'occasion pour l'en remercier ainsi que pour d'autres envois non moins importants.

la fécondation, l'embryosac a une forme allongée et recourbée, le noyau endospermique secondaire migre, comme nous l'avons déjà démontré pour les autres genres, vers l'oosphère. Depuis la région où se trouve ce noyau, jusqu'à la base chalazienne, le sac est entouré de tapètes. Des trois cellules antipodiales une seule subsiste (fig. 23 pl. V/VI). Dans cette phase nous avons observé l'embryosac tout entier gorgé d'amidon, de même le funicule et le placenta en contiennent une quantité notable. L'amidon se trouve dans l'embryosac et non dans les téguments, car toute la couche interne de la cavité du sac est fortement cutinisée. Elle est très faible dans la région ou l'embryosac est libre. Quand la fécondation est terminée, l'endosperme se multiplie et le sac embryonnaire change de forme: la partie inférieure s'élargit notablement et dans la couche correspondante des tapètes se forme une zone, composée de cellules de dimensions considérables: celles-ci semblent exercer une fonction spéciale, difficile à preciser (fig. 24 pl. V/VI). Vers la chalaze le sac s'éfile et plonge dans un tissu nutritif peu abondant et dont les membranes se gélifient promptement; la partie éfilée possède le noyau caractéristique pour le haustorium. Le sac dans sa portion micropylaire ne contient point de parois cellulaires, mais des noyaux à l'état libre (fig. 24 pl. V/VI). Dans cette phase l'amidon se loge dans le funicul, dans le haustorium chalazien, de même nous en trouvons des traces dans toute la longueur de l'embryosac.

Quand l'embryon est formé, et à mesure qu'il grandit, les cellules du funicule perdent de leur contenu. Ce fait nous permet de considérer la portion libre du sac embryonnaire comme un haustorium — ce qu'a déjà supposé le prof. Goebel et dont parle le Dr. Merz[1]) dans sa courte notice sur le genre Torenia. Cette portion de l'embryosac persiste longtemps, son contenu devient spongieux et les noyaux disparaissent complètement (fig. 25 pl. V/VI).

La zone musilagineuse, qui recouvre le placenta et les ovules, semble fournir une protection contre la dessication de l'embryosac, qui pourrait arriver vu sa migration extramicropylaire.

Uroskineria spectabilis.

Les particularités de ce genre sont assez exceptionelles pour nous obliger de les décrire specialement, quoique la disposition du sac

---

1) M. Merz, „Untersuchungen über Anatomie und Samenentwickelung der Utricularien und Pinguicula. 1897.

embryonnaire, la formation de l'endosperme, la présence des tapètes, des haustoriums et du tissu nutritif est la même, que chez les autres genres de la famille des Scrophularinées. Trois antipodes sont nettement visibles (fig. 26 pl. V/VI). Les ovules de Uroskineria ne possèdent presque pas de funicule, elles sont attachées à un placenta, garni de cellules épidermiques reticulées et muni des poils et d'emergences particulières, qui ont une structure ponctuée et sont remplies d'un mucilage (fig. 27 pl. V/VI). Ces émergences entourent chaque ovule et le couvrent presque complètement. Le mucilage se trouve aussi dans les cellules épithéliales de l'ovule même (fig. 26 pl.V/VI), celles-ci deviennent avec le temps réticulées et munies d'épaississements pariétaux en forme de poutres.

Le haustorium chalazien, pointu et fortement protoplasmique, communique avec un tissu nutritif et celui-ci entre en contact direct avec l'épiderme mucilagineuse de l'ovule. La partie micropylienne de l'embryosac est remplie de cellules, qui attirent l'attention par leur structure particulière. Elles possèdent des membranes fortement épaissies et forment comme une espèce de collenchyme, riche en contenu et fortement mucilagineux, qui communique avec l'endosperme par l'intermédiaire de deux tubes allongés et remplis d'un protoplasma épais. La partie micropylienne de l'embryosac constitue sans aucun doute un haustorium. On pourrait supposer, que le mucilage contenu dans les émergences attenant à l'extremité micropylienne (fig. 27 pl.V/VI), joue ici le rôle d'une substance nourricière. De même le tissu nutritif chalazien communique avec l'épithélium mucilagineux ainsi qu'avec le vaisseau primaire, ce qui est le cas constant chez les autres Scrophularinées. Les restes du nucelle dans la partie chalazienne du sac persistent plus longtemps chez Uroskineria, que chez les autres Scrophularinées, décrits plus haut; nous trouvons ses traces en forme de cellules fusiformes tapissant le sac embryonnaire jusqu'à la hauteur des tapètes.

2. Rhinantheae.

Cette famille semiparasite attira depuis longtemps l'attention des observateurs par la forme particulière du sac embryonnaire, qui lui est propre. Notamment celui-ci pousse à ses deux extrémités, chalazienne et micropylaire, des appendices multiples et variés, qui ruminent les téguments ambiants. Ces faits sont connus; il s'agit cependant de déterminer avec plus de précision la fonction et la nature de ces appendices. C'est ce côté de la question qui m'a porté à passer en revue les principaux genres de cette famille.

Les travaux de Tulasne[1]), Deecke[2]), Chatin[3]), Hofmeister[4]), Tschirch[5]) et dans les dernier temps de J. O. Schlotterbeck[6]) traîtent à des divers point de vue cette intéressante famille. Le travail de J. O. Schlotterbeck s'occupe aussi entre autres de la détermination de la nature de l'appendice micropylien chez Melampyrum pratense, ce qui nous intéresse spécialement. Je ne partage pourtant pas l'opinion de l'auteur quand il considère les deux appendices micropyliens comme des synergides transformées. Dans les genres: Melampyrum nemorosum, Rhinanthus minor, Pedicularis Septr. Carolinum et palustris, Bartsia alpina, Odontites, Euphrasia officinalis, nous observons invariablement la désagrégation des synergides une fois la fécondation terminée. Encore avant leur disparition, la partie micropylienne de l'embryosac produit une expension d'origine évidemment endospérmique qui se développe ensuite et forme le haustorium (fig. 28, 29 pl. V/VI, 31, 32 pl. VII/VIII). Tout ce qui a été dit par les auteurs cités au sujet de l'ovule des Rhinanteae, nous dispense d'une déscription plus minutieuse, je me bornerai donc à en signaler les traits généraux.

Dans tous les genres mentionnés nous trouvons certains traits communs. Le tégument est toujours très épais, le tissu nutritif de même que le vaisseau primaire, avec lequel il communique, possèdent un contenu très riche en protoplasma et en mucilage (fig. 30 *a* pl. V/VI, 33 pl. VII/VIII). Les parois du tissu nutritif sont gélifiables et gélifiées de bonne heure.

Dans la région micropylaire l'on trouve constamment des cellules de nucelle qui persistent plus ou moins longtemps. Cela se rapporte surtout au genre Pedicularis palustris, où nous observons toute une colonne cylindrique compacte, servant de prolongement au sac embryonnaire, quand celui-ci est déjà complètement formé et les éle-

1) Tulasne, „Nouvelles études d'embryogénie véget.“ Annales des Sciences nat. 3 série t. XII. 1855.

2) M. Th. Deecke, „Développement de l'embryon du Pedicularis silvatica“. Annales des Sc. nat. IV série. 1855.

3) Chatin, „Etudes sur le développement de l'ovule et de la graine“. Ann. des Sc. nat. 5 série t. XIX. 1874.

4) Hofmeister, „Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen“. 1859.

5) Tschirch, „Anatomischer Atlas“, Taf. 46.

6) J. O. Schlotterbeck, „Beiträge zur Entwickelungsgeschichte pharmakognostisch wichtiger Samen“. Bern 1896.

ments sexuels constitués (fig. 34 pl.VII/VIII). Le sac se développe dans la direction chalazienne au dépens du nucelle n'en laissant autour de soi qu'une mince couche désagrégée, pour la dépasser ensuite considérablement et former un haustorium (fig. 35 pl. VII/VIII).

Ce qu'il y a encore de particulier ici, ce sont les tapètes, qui contrairement à ce que nous voyons chez les autres Rhinanteae et Antirrhineae, tappissent toute la portion de la cavité, où se trouve le nucelle; c'est donc pour servir d'intermediaire à sa nutrition qu'ils semblent destinés. Deux haustoriums, chalazien et micropylien, constituent aussi un trait caractéristique constant des Rhinanteae. Leur nature est identique, en tant qu'ils sont dépourvus de parois cellulaires et possèdent des noyaux endospermiques libres et particulièrement développés. Cependant leur forme varie considérablement d'éspèce à éspèce. Le haustorium chalazien ne présente point de ramifications dans les éspèces citées, il finit en coecum et plonge dans le tissu nutritif (fig. 30 *b* pl.V/VI, 33, 36 pl.VII/VIII). Le haustorium micropylien offre beaucoup plus de variabilité dans sa conformation. Dans la Bartsia alpina il est unilateral et tourné vers le funicule, atteint des dimensions considérables et forme un vaste appendice vacuolisé (fig. 30 *a* pl. V/VI); dans son voisinage on voit des cellules remplies d'un contenu abondant et qui semblent jouer le rôle d'un tissu nutritif. Melampyrum nemorosum présente un type très particulier, même unique sous certains rapports, entre les genres qui font l'objet de la présente étude. L'appendice micropylien débute par des prolongements endospermiques éfilés (fig. 31, 32 pl.VII/VIII). Ils sont recouverts de tapètes et s'enfoncent peu à peu dans le tégument. Le conduit micropylien est tapissé d'une couche de cellules allongées, très riches en contenu, qui paraissent incontestablement être d'origine épidermique.[1]) Elles remplissent en rangs serrés l'espace entre le micropyle et les prolongements. Ceux-ci s'accroissent rapidement, se ramifient et atteignent d'une part le faisceau primaire et le funicule, de l'autre l'épiderme qu'ils viennent parfois à percer et à sortir à la surface de l'ovule. Leur extremité est alors entourée d'une membrane bien distincte. Dans la fig. 33 pl.VII/VIII, nous avons reuni sur un même dessin le parcours des prolongements typiques. Deux branches principales partent de la partie supérieure du sac embryonnaire (on peut observer aussi parfois des embranchements accessoirs qui ne dépassent alors jamais la couche cellulaire micropylienne). La branche

1) Elles ont été observées et décrits par Hofmeister („Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen." 1859).

extérieure est toujours courte et ne donne pas de ramifications. Celle, tournée vers le côté funiculaire, se ramifie en deux embranchements principaux qui se divisent ensuite. D'ordinaire une seule branche atteint un développement considérable, les autres finissent dans les téguments. Chacune des trois peut le cas échéant sortir au dehors. Les haustoriums sont munis de noyaux qui pénétrent parfois jusque dans l'extrémité libre. La base du haustorium a une forme particulière. Schlotterbeck la décrit chez Melampyrum pratense comme un appendice micropylien qui „besteht aus meist zwei ausgebreiteten lappenartigen Gebilden, die aus stark lichtbrechendem, mit feinen Pünktchen versehenen Protoplasma bestehen. Scheinbar umgeben diese Gebilde den Stiel des Keimlings". A en juger par le dessin explicatif, il y a un malentendu. L'auteur semble avoir pris la couche cellulaire entourant le micropyle pour le contenu des „lappenartigen Gebilden". En réalité les appendices débutent par deux arcades, une de chaque côté (on en voit l'origine sur la fig. 32 pl. VII/VIII). Quand l'embryon commence à se former, le haustorium devient un organe indépendant: il présente alors à sa base deux anses, reunies par des traverses, qui forment alors comme un carré vide au milieu, par où passe le suspenseur de l'embryon. Les deux anses se continuent en prolongements haustoriaux (fig. 33 pl. VII/VIII). Nous n'avons observé rien qui pourrait correspondre aux „lambaux", décrits par Schlotterbeck, à moins que l'éspèce qu'il a eu sous les yeux ne soit plus propre à induire en erreur. Il est impossible de passer sous silence le fait exceptionel, que les tubes haustoriaux de Melampyrum nemorosum sont nettement divisés sur certains points et même separés par fragments, qui présentent alors un aspect prononcé de cellules distincts (fig. 33 pl. VII/VIII).

Le haustorium micropylien du Pedicularis palustris dénote la même nature que le précedent (fig. 36 pl. VII/VIII); je n'ai pourtant pas observé sa sortie en dehors de l'ovule, quoiqu'il atteint l'épiderme de la fente funiculaire. Le haustorium du Rhinanthus minor (fig. 37 pl. VII/VIII) passe directement par l'ouverture micropylaire et dépasse même la surface de l'ovule; il donne un embranchement, qui se dirige vers le funicule et pénètre dans le tissu qui part de l'appendice chalazien et constitue le vaisseau primaire. Observons encore que l'epiderme qui entoure le funicule prend ici un développement extraordinaire et présente une cutinisation marquée. Vers l'âge plus avancé ces cellules cutinisées ne persistent qu'à la partie inférieure du funicule et sont en contact direct avec le pseudo-vaisseau (fig. 37 pl. VII/VIII).

Les Rhinanthacées ne présentent pas d'antipodes bien distinctes, excepté Pedicularis palustris, où elles sont très prononcées et persistent jusqu'à la formation complète du haustorium chalazien. Nous voyons dans la famille des Rhinantheae les mêmes phénomènes que chez les Anthirineae, à cette différence près qu'ici ils sont plus accentués; c'est donc encore une confirmation de leur parenté si rapprochée. Chez les Rhinantheae tout prend des proportions plus considérables: l'épaisseur du tégument, les noyaux endospermiques agrandis, enfin le développement des haustoriums. Ces caractères semblent se rattacher au semi-parasitisme de cette famille.

Gesneraceae.

J'ai eu l'occasion d'examiner plusieurs genres de cette famille, si étroitement liée avec les Scrophulariaceae, en particulier l'espèce Klugia Notoniana, ainsi que Columnea Schideana, Pimelea et Glokcynia, ces derniers non dans leur évolution complète.

Klugia Notoniana présente des ovules très petites et nombreuses. Le tégument est peu épais et l'ovule même d'un aspect très grêle. Dans la partie micropylienne de l'ovule nous observons des cellules épidermiques relativement fort volumineuses et disposées en évantail, elles sont remplies d'un contenu mucilagineux (fig. 38 pl. VII/VIII). Le sac embryonnaire est élargi dans sa partie micropylienne, allongé et passablement étroit dans sa portion inférieure. La région micropylienne est dépourvue de tapètes. L'extremité chalazienne de l'embryosac s'allonge après la fécondation et vient jusqu'à toucher la couche cellulaire de l'epiderme (fig. 39 pl. VII/VIII). Il n'y a pas ici de tissu nutritif ni de vaisseau primaire, quoique le sac embryonnaire forme une espèce d'ampoule, munie d'un noyau ce qui permetterait de considérer cette formation comme une espèce de haustorium. Celui-ci disparaît complètement de bonne heure, une fois le contenu du tégument digéré. La partie micropylienne finit de même par un petit haustorium quadruple, fusiforme, non ramifié et riche en protoplasma (fig. 40 pl. VII/VIII).

Entre l'endosperme normalement constitué et le petit haustorium micropylien il y a un rattachement qui s'opère par l'indermédiaire de quatre cellules allongées. Ces cellules sont de même remplies d'un contenu protoplasmique et laissent passage au suspenseur de l'embryon.

La formation haustoriale, tant micropylienne que chalazienne de Klugia Notoniana rapelle ainsi de près celle de Scroparia dulcis de la famille des Scrophulariaceae (Antirrhineae) (fig. 20, 21, 22 pl. V/VII) et les traits caractéristiques des deux espèces se laisseraient peut-être rapporter à la ténuité de leurs téguments ovulaires.

Pedalinaceae.

Cette famille faisant aussi partie des Personatae présente de grandes ressemblances avec les autres familles de ce groupe sous le rapport de l'épaisseur du tégument ovulaire, ainsi que par certains caractères du sac embryonnaire. J'ai examiné les espèces suivantes: Sesamum indicum, Ceratotheca biloba et Martynia bicolor; j'ai choisi cette dernière comme sujet d'une étude spéciale.

L'ovule de Martynia bicolor (fig. 41, 42, 43 pl. VII/VIII) présente un tégument épais, composé de cellules de petites dimensions, mais très riches en contenu, surtout dans la région qui avoisine la cavité de l'embryosac. Le sac embryonnaire de Martynia bicolor est très allongé et sa partie chalazienne communique avec un tissu nutritif, qui est ici extraordinairement développé: ses membranes sont très épaisses et se gélifient de bonne heure, le contenu en est très riche et les noyaux plus grands, que dans les familles précedentes. Le tissu communique avec le vaisseau primaire de l'ovule. Les cellules qui adhèrent à la terminaison chalazienne se vident bientôt et forment un tissu à membranes fines et présentant un caractère méristémateux, entouré d'une zone, fortement chargée de protoplasma (fig. 43 pl. VII/VIII).

Les antipodes sont nettement distinctes et semblent contribuer, au moins en partie, à la formation du haustorium chalazien (fig. 41 pl. VII/VIII). Celui-ci est constitué chez les Pedalinées de deux cellules très allongées qui font suite à la double rangée de cellules endospermiques du corps du sac embryonnaire (Martynia bicolor, fig. 42 pl. VII/VIII, Ceratotheca biloba, fig. 44 pl. IX/X). Le développement relativement faible du haustorium chalazien s'explique par l'abondance de matières nutritives renfermées dans le tissu avoisinant.

Le noyau endospermique secondaire se divise dans la région moyenne du sac. Quand l'endosperme est complètement formé, nous observons un allongement considérable du col du sac. Ce col est rempli de cellules endospermiques allongées, d'une constitution particulière: dans leur partie supérieure renfermant le noyau, le contenu est plus riche et se colore fortement par l'Hematoxyline. L'extremité inférieure de chaque cellule forme un lumen de forme ovale, nette-

ment circonscrit. Le col est entouré de tapètes renforcées (fig. 43 pl. VII/VIII). A cet âge, c'est à dire au moment de la formation de l'embryon, nous trouvons dans la région chalazienne une rangée de cellules endospermiques analogues à celles du col du sac embryonnaire, mais remplies en entier d'un contenu fortement coloré. Elles sont allongées en massue et s'effilent vers l'extremité chalazienne (fig. 43 pl. VII/VIII). Ce sont les cellules haustoriales multipliées et transformées qui continuent à communiquer directement avec le tissu nutritif.

La région micropylienne non entourée de tapètes est composée de quatre cellules endospermiques formant la tête du sac embryonnaire. Elles sont faiblement colorées et jouent le rôle d'un haustorium micropylien, comme le montre le tissu tégumentaire avoisinant fortement digeré.

L'embryon possède un suspenseur grêle, mais d'une longueur considérable et il est enfoncé très profondément dans l'endosperme.

Plantaginaceae.

Cette famille, dont la parenté est si difficile à déterminer et que Warming attribue à juste raison au groupe des Personatae, présente avec les Scrophulariaceae des ressemblances, surtout dans la configuration intérieure de l'ovule. J'ai examiné plusieures espèces de cette famille, notamment: Plantago maritima, P. coronopus, P. arenaria, P. major et P. lanceolata. L'ovule anatrope possède un tégument épais et le sac embryonnaire se trouve assez profondément englobé dans le tissu environnant, par conséquent l'ouverture micropylienne est d'une longueur considérable. Des cellules allongées tapissent cette ouverture, ainsi que la portion supérieure du sac, au-dessus des tapètes; elles sont riches en contenu et munies de membranes épaissies et gélifiées de bonne heure. Elles sont particulièrement prononcées chez P. maritima où elles forment une espèce de tissu nutritif (fig. 45 pl. IX/X). Le sac embryonnaire est toujours entouré de tapètes bien pourvues en protoplasma. Celles-ci tapissent généralement la cavité du sac dans sa portion superieure, là où il y a formation de l'endosperme. Ce n'est que chez P. Coronopus et Arenaria qu'elles longent la cavité dans sa partie inférieure, en laissant à découvert la région de l'oosphère. Quand le sac présente un développement inégal et se courbe vers le placenta, ce qui, à un certain dégré, est un fait constant chez les Plantago, les tapètes sont moins nombreuses dans la région concave, mais elles ne manquent jamais, ne soit-ce qu'en guise de vestige (fig. 54 pl. IX/X),

contrairement à ce qu'indique Buscaloni dans son ouvrage sur le Plantago lanceolata.[1])

Dans les premières phases du développement, le sac est généralement droit (excepté chez Pl. lanceolata), mais bientôt il subit une courbure dans la partie dorsale, par suite de sa croissance accélérée et cette déviation s'accentue de plus en plus. Cette courbure est la plus précoce et prononcée chez P. lanceolata puis chez P. major, beaucoup plus faible chez P. maritima, P. coronopus et P. arenaria. Quand l'endosperme est complètement formé, par suite de la courbure, la partie micropylienne se dirige vers le placenta et finit par déboucher dans l'aine du funicule (fig. 48—55 pl. IX/X).

Les synergides, assez petites, disparaissent après la fécondation et à leurs côtés l'endosperme pousse deux expensions, qui suivent symétriquement la direction de l'ouverture micropylienne et penchent par consequent vers le placenta. L'oosphère est attachée au milieu entre les synergides. Nous observons chez les Plantago trois antipodes qui varient en forme et en disposition. Tandis que chez P. lanceolata deux antipodes inférieures se trouvent côte à côte et la troisième au-dessus (fig. 53, 54 pl. IX/X), chez P. maritima l'ordre est inverse (fig. 45 pl. IX/X) et chez P. coronopus elles sont superposées (fig. 51 pl. IX/X). Les antipodes de P. lanceolata sont volumineuses, allongées, possèdent un contenu protoplasmique très riche et persistent longtemps; chez les autres espèces que j'ai étudiées elles sont petites, pauvres en contenu et disparaissent bientôt. Je n'ai jamais constaté de développement secondaire des antipodes. L'endosperme se forme dans la portion supérieure du sac et s'étend plutôt vers le haut, sans jamais atteindre la portion chalazienne. La base du sac forme un prolongement en coecum, qui se ramifie quelquefois comme chez P. maritima (fig. 48 pl. IX/X) et coronopus. (P. lanceolata présente sous ce rapport comme sous beaucoup d'autres des particularités frappantes, dont nous parlerons dans la suite.) Ce prolongement est sans aucun doute une espèce de haustorium, car quoique nous n'observions pas à cet âge chez les Plantago de tissu nutritif proprement dit, que nous avons signalé chez les Scrophulariaceae, le tissu sous-jacent est complètement désagrégé dans le voisinage de cet appendice. La partie micropylienne du sac, recourbée vers le placenta, forme aussi un haustorium double, qui ne possède pas de membrane cellulaire, mais seulement un protoplasma plus ou moins

---

1) Dr. L. Buscaloni, „Contribuzione allo studio della membrana cellulare."

dense et digéré consécutivement, ainsi que des noyaux désagrégés (fig. 50, 51 pl. IX/X). Ce haustorium touche le placenta sans pourtant jamais y pénétrer, mais dans une phase plus avancée il débouche dans l'aine du funicule comme chez P. coronopus, P. arenaria et P. maritima et même sort de l'ovule et longe librement le placenta, comme chez P. lanceolata.

Cette dernière éspèce présente sous le rapport des haustoriums un phénomène extraordinaire et tout à fait isolé. Comme je l'ai déjà signalé, le corps du sac embryonnaire de P. lanceolata, notamment sa partie remplie de cellules endospermiques, présente une courbure très considérable et occupe une petite portion de l'ovule (fig. 55 pl. IX/X). Les haustoriums par contre prennent un grand développement[1]) et possèdent de gros noyaux, qui se divisent librement. Toute la portion verticale du sac embryonnaire, celle où la division cellulaire endospermique ne pénètre pas (fig. 54 pl. IX/X), se transforme en un haustorium chalazien, très riche en contenu et en noyaux, qui vient déboucher dans le creux entre l'ovule et le placenta. La partie extérieure se bifurque fréquemment (fig. 58 pl. IX/X), j'ai même pu observer un cas où les deux ramifications, munies d'une membrane propre, pénètrent librement au loin: une longe l'attache funiculaire, l'autre le bord extérieur de l'ovule. Mais l'appareil nutritif ne se limite pas aux deux haustoriums classiques, micropylien et chalazien. Déjà au moment de la formation de l'endosperme nous observons des petites traînées protoplasmiques, qui relient le sac embryonnaire avec les tapètes (fig. 54 pl. IX/X). Au moment de la première division cellulaire de l'embryon, immédiatement au-dessous de la couche du tissu endospermique, il se forme un bulbe d'une même constitution que le haustorium chalazien qui en est un simple prolongement; les traînées protoplasmiques primitives se développent en conduits arborescents qui débouchent dans le bulbe. J'en ai constamment observé trois branches principales: une se dirige vers le haut en contournant le sac embryonnaire et se ramifie dans toute la partie supérieure de l'ovule, une autre part du côté extérieur du sac et pousse des embranchements dans la partie moyenne et inférieure, une troisième enfin vient se placer entre les deux haustoriums, micropylien et chalazien, en enlevant les derniers vestiges des tapètes et ne donne que peu ou point de ramifications (fig. 55 pl. IX/X). Le tégument est ainsi sillonné dans toutes les directions d'un système de canaux qui ruminent le tissu environnant. Ces haustoriums latéraux sont remplis d'un

---

1) Ils ont été brièvement décrits par Buscaloni.

protoplasma dense, mais ne possèdent point de noyaux. Les téguments une fois rongés, ils s'atrophient, tandis que les haustoriums micropylien et chalazien prennent un développement croissant.

On peut donc observer chez les Plantago une conformation caractéristique par rapport à l'adaptation nutritive. Nous ne rencontrons pas ici de tissu nutritif tant soit peu durable, ni dans la région chalazienne, ni micropylienne, aussi pouvait-on s'attendre à trouver une forme d'adaptation spéciale. Effectivement les prolongements haustoriaux s'attaquent au tégument entier pour en tirer les matières nutritives.

La reaction à l'Iode a demontré la présence de l'amidon dans le sac même au cours de sa phase première, de même dans sa région micropylienne et chalazienne. Après le développement de l'embryon, l'amidon se trouve être riche dans le placenta, on le constate dans le tégument, en très petite quantité dans l'endosperme et on n'en trouve point de traces dans les haustoriums et leurs prolongements.

Campanulaceae.

Les fig. 56—61 pl. IX/X montrent le développement successif du sac embryonnaire de Campanula rotundifolia. Il ne présente rien de bien particulier dans sa configuration générale et entre dans le type des Gamopetales. Le sac embryonnaire présente une forme allongée, son tégument est peu épais. Après la fécondation, la partie micropylienne, non entourée de tapètes, s'élargit peu à peu et forme un corps spongieux, rempli d'une masse protoplasmique uniforme vacuolisée au milieu, dans laquelle se logent les noyaux à l'état libre (fig. 60 *a*, 61 pl. IX/X). Cet élargissement se rattache par quatre expensions au tissu endospermique du corps du sac embryonnaire. Les expensions sous-haustoriales montrent une coloration plus intense à l'Hematoxyline ce qui atteste la richesse de leur contenu en matières albuminoides (fig. 61 pl. IX/X). Le suspenseur de l'embryon passe entre les expensions et vient se fixer à la partie superieure du haustorium micropylien. Celui-ci se trouve donc renforcé par les expensions qui semblent jouer ici le rôle de réserves de matières nutritives. A l'extrémité chalazienne du sac, nous voyons une formation annalogue quoique différente dans son développement. Les antipodes bien distinctes et entourées d'une forte couche de nucelle (fig. 56, 57 pl. IX/X) gagnent encore en dimensions avec l'âge et se conservent longtemps. Au moment de la formation des cellules endospermiques distinctes, l'extrémité chalazienne du sac se sépare par une cloison et forme une

éspèce de corps ovale, qui renferme outre les antipodes un noyau de l'endosperme (fig. 58 pl. IX/X). Cette partie augmente en volume et forme des cellules distinctes, fortement colorées et munies de gros noyaux (fig. 59 pl. IX/X). Les antipodes semblent jouer un rôle dans leur formation, nous ne saurions pourtant nous exprimer à ce sujet d'une manière catégorique. La cellule inférieure donne naissance à un haustorium chalazien d'une même constitution que le haustorium micropylien, à cette différence près qu'il est dépourvu de noyaux (fig. 60 *b* pl. IX/X). Le tissu nutritif typique fait défaut chez Campanula rotundifolia, il est reduit à une couche de cellules fusiformes gélifiées.

Le développement et la constitution du sac embryonnaire chez les Campanulineae ressemble beaucoup à ce que Schlotterbeck[1]) a observé et décrit pour l'espèce Lobelia inflata (Lobeliaceae) à cette différence près, que je n'ai point observé dans le haustorium chalazien la formation particulière qu'il décrit[2]), notamment quatre cellules bourgeoniformes, placées à l'entré du haustorium, qu'il considére comme des antipodes transformées.

Les stades correspondants de Lobelia inflata m'ont manqué.

Dipsaceae.

En étudiant le genre Morina longifolia j'ai eu l'occasion de me convaincre de la parenté étroite des Dipsaceae avec les Compositae sous le rapport des caractères généraux de l'embryosac.

L'ovule de Morina longifolia possède un tégument assez épais et l'embryosac est pourvu de tapètes, qui sont renforcées par plusieurs rangées de cellules trés riches en contenu. Les tapètes, ce qui est à remarquer, entourent toute la cavité du sac (fig. 62, 63, 64 pl. IX/X) depuis l'ouverture micropylienne jusqu'au delà des antipodes. Le noyau endospermique secondaire se divise dans la région moyenne du sac et à la base nous trouvons trois antipodes très distinctes et bien développées. Ces antipodes se divisent dans la suite (fig. 63 pl. IX/X) et communiquent avec un cordon de cellules allongées, qui penètrent profondément dans le tégument de l'ovule, où il se perd. Le fait de la division des antipodes a été bien des fois décrit pour

---

1) J. O. Schlotterbeck, „Beiträge zur Entwickelungsgeschichte pharmakognostisch wichtiger Samen". Bern 1896.

2) loc. cit. pag. 17.

le Senecio vulgaris[1]), Aster Novae Angliae[2]) et d'autres Composées.

Chez Morina longifolia nous sommes donc aussi en présence d'une division franche des antipodes, qui forment conjointement avec le cordon des cellules allongées un tissu special. Celui-ci exerce une fonction nourricière, car il persiste, conserve la richesse de son contenu et la grosseur de ses noyaux, tandis que le tissu avoisinant est désagrégé et digeré.

Ce qui est encore à observer chez Morina longifolia c'est le manque complet de toute formation haustoriale dans la région micropylienne. Celle-ci ne présente point d'élargissement, qu'on est convenu d'appeler tête du sac embryonnaire; le tissu endospermique présente une couche uniforme et le corps de l'embryosac prend un aspect fusiforme (fig. 64 pl. IX/X).

Conclusions.

Il existe une relation entre la présence d'un haustorium et l'épaisseur des téguments, car nous trouvons les haustoriums les mieux développés chez les Rhinantheae qui possèdent tous des téguments très épaissis, de même chez les Plantaginaceae et chez les espèces des Antirrhineae, qui sont douées du même caractère. Au contraire, les espèces comme Scoparia dulcis, Artanema sesamoides (Antirrhineae) et Klugia Notaniana (Gesneraceae), munis d'un tégument grêle sont presque dépourvues d'appareil haustorial, surtout du côté de la chalaze.

La présence d'un haustorium ne pourrait être à lui seul considéré comme base d'une classification, car ce n'est qu'un ensemble de caractères qui peut fournir un criterium suffisamment concluant pour la détermination stricte d'un groupe. Les caractères distinctifs doivent être classés en primaires et secondaires; les premiers sont des caractères ontologiques, les seconds philetiques. Or les caractères qui se rapportent au sac embryonnaire mériteraient en premier lieu d'être classés au nombre des premiers. Aussi le rapprochement entre les Scrophulariaceae (Antirrhineae, Rhinantheae), Utriculariaceae, Pedalinaceae et Plantaginaceae, en dehors des autres caractères communs, se laisse confirmer par la présence d'un appareil

1) Hegelmayer, „Ueber den Keimsack einiger Compositen und dessen Umhüllung". (Botanische Zeitung 1889.)

2) Chamberlain, „On Aster Novae Angliae". (Botanical Gazette 1895.)

haustorial. Le même rapprochement confirmatif se laisse constater dans le genre des Campanulineae entre la Campanula rotundifolia (Campanulaceae) et Lobelia inflata (Lobeliaceae).

Les types morphologiques des haustoriums sont excessivement variables et mobiles, et dans l'état actuel de la question aucune règle fixe ne peut être établie à ce sujet.

Tout haustorium étant destiné à servir de suçoir ou de conduit aux matières nutritives, il se trouve pour la plupart en relation directe avec un tissu nutritif special, riche en contenu; son développement est alors localisé. Les cas correspondants sont les plus fréquents pour le haustorium chalazien. Là, où un tissu nutritif spécial fait défaut, comme c'est pour la plupart le cas du haustorium micropylien, ce dernier ronge le tégument de l'ovule de la règion avoisinante, quelquefois à une grande distance (Melampyrum nemorosum, Plantago lanceolata), sinon, le tissu du funicule (Torenia) et même celui du placenta (Scoparia). Les embranchements haustoriaux extraovulaires jouent peut-être le rôle de conduits pour l'humidité.

Il y a une relation entre la présence d'un haustorium et l'absence d'un véritable faisceau fibrovasculaire dans le tégument ovulaire, car dans tous les genres où il y a un haustorium chalazien prononcé il n'y a point de faisceau, quoiqu'il puisse se trouver en même temps dans le placenta.

Les noyaux libres du haustorium présentent généralement une forme spéciale, des dimensions plus considérables et un contenu plus riche.

Nous sommes à même de confirmer l'opinion de certains auteurs qui attribuent au noyau un rôle considérable dans la nutrition. Dans mes recherches j'ai pu effectivement constater qu'il se dirige toujours vers la partie où la nutrition est plus forte.

Le haustorium ne possède pas généralement de tissu, il ne forme pas de membranes cellulaires, et quand elles se forment, elles sont gelifiées très vite ou complètement mucilagineuses (Uroskineria spectabilis, Linaria Cymbalaria).

Mes recherches ne confirment pas l'opinion d'Hegelmayer, que les tapètes servent de protection au sac embryonnaire, car elles manquent justement dans le voisinage des haustoriums qui ne possèdent pas de membranes cellulaires et auraient par conséquent besoin de protection. Les tapètes possèdent probablement un ferment

dans leur contenu mucilagineux et semblent exercer une fonction digestive, car elles persistent, tandisque les tissus avoisinants sont désagrégés. Elles entourent les parties en voie d'accroissement rapide, ayant par conséquent besoin d'une nutrition activée.

Les synergides n'ont aucune fonction nutritive persistante, elles se désagrègent toujours après la fécondation. On ne peut en aucun cas considérer les prolongements haustoriaux micropylaires comme des synergides transformées, car nous voyons clairement disparaître ces dernières et l'endosperme se développer à leur place.

Les antipodes, dans les genres étudiés, quand elles existent, semblent avoir une fonction transitoire, elles possèdent un contenu pauvre pour la plupart et disparaissent très vite. Elles ne subissent de division que chez Morina longifolia.

L'amidon n'existe que dans les régions dépourvues de cutine, nous le trouvons donc dans les téguments, quand les tapètes ne sont pas cutinisées, dans le sac même, où la cutine couvre les tapètes et ne laisse pas de passage au matières amylacées.

Explication des figures.

Planche III/IV.

Digitalis purpurea.

Fig. 1. Sac embr. avec son tégument. *a* Synergides, *b* oosphère, *c* noyau endospermique secondaire, *d* tapètes, *e* tissu nutritif.

Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7. Sac embr. dans son développement progressif et la migration du noyau endospermique vers l'oosphère après la fécondation.

Fig. 8*a*. Portion micropylienne de l'embryosac, phase première de la formation du haustorium.

Fig. 8*b*. Portion chalazienne du sac, avec le prolongement bifide des cellules endospermiques formant un haustorium.

Fig. 9 et 10. Développement complet du haustorium micropylien.

Fig. 11. Coupe transversale du haustorium micropylien, demontrant qu'il se compose de quatre parties.

Scrofularia vernalis.

Fig. 12. Sac embr. avant la fécondation avec son tégument.

Fig. 13. Phase, correspondant à la formation de l'embryon. *a* Haustrorium micr., *b* haustorium chal., *c* première division cellulaire de l'endosperme, *d* tissu nutritif micropylien, d^1 tissu nutritif chalazien.

Fig. 14*a*. Haustorium micropylien avec ses noyaux en voie de division. *a* Digitations arborescentes, *b* tissu nutritif.

Fig. 14*b*. Haustorium chalazien avec ses deux tubes, formant un suçoir.

Linaria Cymbalaria.

Fig. 15. Ovule contenant le sac embryonnaire. *a* Tissu nutritif, *b* vaisseau primaire, *c* tapètes, *d* antipodes.

Fig. 16. Sac embryonnaire après la formation de l'endosperme. *a* Haustorium microp., *b* haustorium chalaz.

Fig. 17. Haustorium chalazien primaire avec ses deux compartiments et l'appendice suçeur.

Fig. 18. Haustorium chalazien secondaire. *a* Conduit livrant passage au matières nutritives, *b* vestiges du haustorium primaire, *c* tissu nutritif.

Fig. 19. Haustorium micropylien secondaire. *a* Cellules gélifiées, *b* cellules réticulées.

Planche V/VI.

Scoparia dulcis.

Fig. 20. Ovule après la fécondation.

Fig. 21. Sac embryonnaire après la formation de l'endosperme. *a* Cellules du placenta riches en contenu, *b* haustorium micropylien entouré de *c* cellules nutritives, *d* prolongement haustorial chalazien.

Fig. 22. Haustorium micropylien plus avancé. *a* Cellules du placenta désagrégées, *b* cellules nutritives.

Torenia Deli.

Fig. 23. Ovule après la fécondation. *a* Portion du sac qui sort hors de l'ovule, *b* tissu nutritif, *c* vaisseau primaire, *d* cellules antipodiales.

Fig. 24. Sac après la formation de l'endosperme. *a* Tapètes, *b* éfilement haustorial.

Fig. 25. Haustorium microp. *a* Sa portion libre et spongieuse, *b* cellules réticulées, *c* cellules désagrégées du funicule.

Uroskineria spectabilis.

Fig. 26. Ovule après la fécondation. *a* Antipodes, *b* tissu nutritif, *c* restes du nucelle, *d* cellules épidermiques mucilagineuses.

Fig. 27. Portion micropylienne de l'ovule. *a* Haustorium composé de cellules épaissies gélifiées, *b* émergence mucilagineuse du placenta, *cc* cellules épidermiques poutrées, *d* embryon.

Bartsia alpina.

Fig. 28. Sac embryonnaire avec son expension micropylaire unilatérale.

Fig. 29. Sac embr. après la formation de l'endosperme. *a* Haustorium micropyl., *b* nucelle, *c* tissu nutritif.

Fig. 30*a*. Haustorium micropylien. *a* Vacuoles, *b* tissu nutritif, *c* embryon.

Fig. 30*b*. Haustorium chalazien.

Planche VII/VIII.

Melampyrum nemorosum.

Fig. 31. Sac embr. avec *aa* origine des prolongements endospermiques.

Fig 32. Sac embr. avec *a* prolongements haustoriaux, *b* couche de cellules d'origine épidermique, *c* micropyle.

Fig. 33. Ovule avec *a*, *a'*, *a''* prolongements haustoriaux, dont *a'* perce l'épiderme, *bb* haustorium chalazien, *c* tissu nutritif, *d* branche du vaisseau prim., *e* funicule, *f* embryon, *g* son suspenseur, *h* anses à la base des prolongements vues de côté, *i* tube cloisonné.

Pedicularis palustris.

Fig. 34. Sac. embr. *a* Antipodes, *b* nucelle, *c* tapètes.

Fig. 35. Sac embr. après la formation de l'endosperme. *a* Haustorium chalazien, *b* couche du nucelle désagrégé.

Fig. 36. Sac embr. après la formation de l'embryon. *a, a'* Haustorium micropylien, *b* haustorium chalazien.

Rhinanthus minor.

Fig. 37. Sac embr. *a* Haustorium microp. dont une branche sort de l'ovule, *b* haustorium chalazien, *c* épiderme épaissie, *d* funicule.

Klugia Notoniana.

Fig. 38. Ovule avec le sac embryonnaire. *a* Cellules épidermiques agrandies, *b* nucelle, *c* tapètes, *d* antipodes.

Fig. 39. Sac embr. vers l'âge de la différenciation primaire de l'endosperme. *a* Ampoule haustoriale chalazienne, *b* épiderme.

Fig. 40. Ovule après la formation de l'embryon. *a* Haustorium micropylien, *b* cellules qui le rattachent à l'endosperme, *c* embryon, *d* vestiges de l'appendice haustorial.

Martynia bicolor.

Fig. 41. Sac embryon. *a* Antipodes, *b* tissu nutritif.

Fig. 42. Le même après la formation complète de l'endosperme. *a* Cellules haustoriales, *b* tissu nutritif.

Fig. 43. Sac embryon. après la formation complète de l'embryon. *a* Haustorium micropyl., *b* tégument digéré, *c* col du sac avec cellules allongées, *d* tapètes renforcées, *e* cellules haustoriales de l'extrémité chalazienne, *f* tissu nutritif, *g* tissu meristémateux.

Planche IX/X.

Ceratotheca biloba.

Fig. 44. Sac embr. *a* Tube polynique, *b* cellules haustoriales, *c* tissu nutritif.

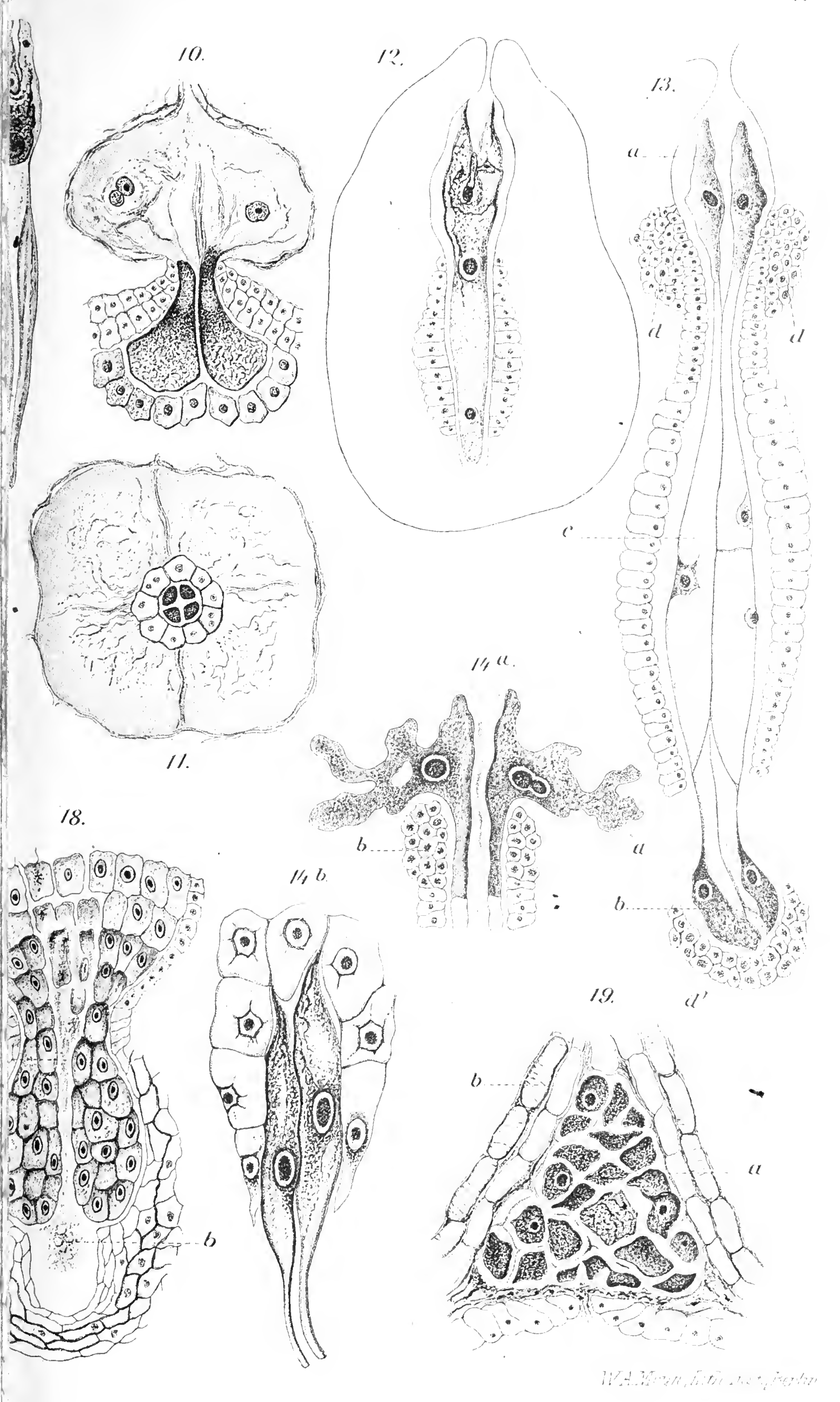
Plantago maritima.

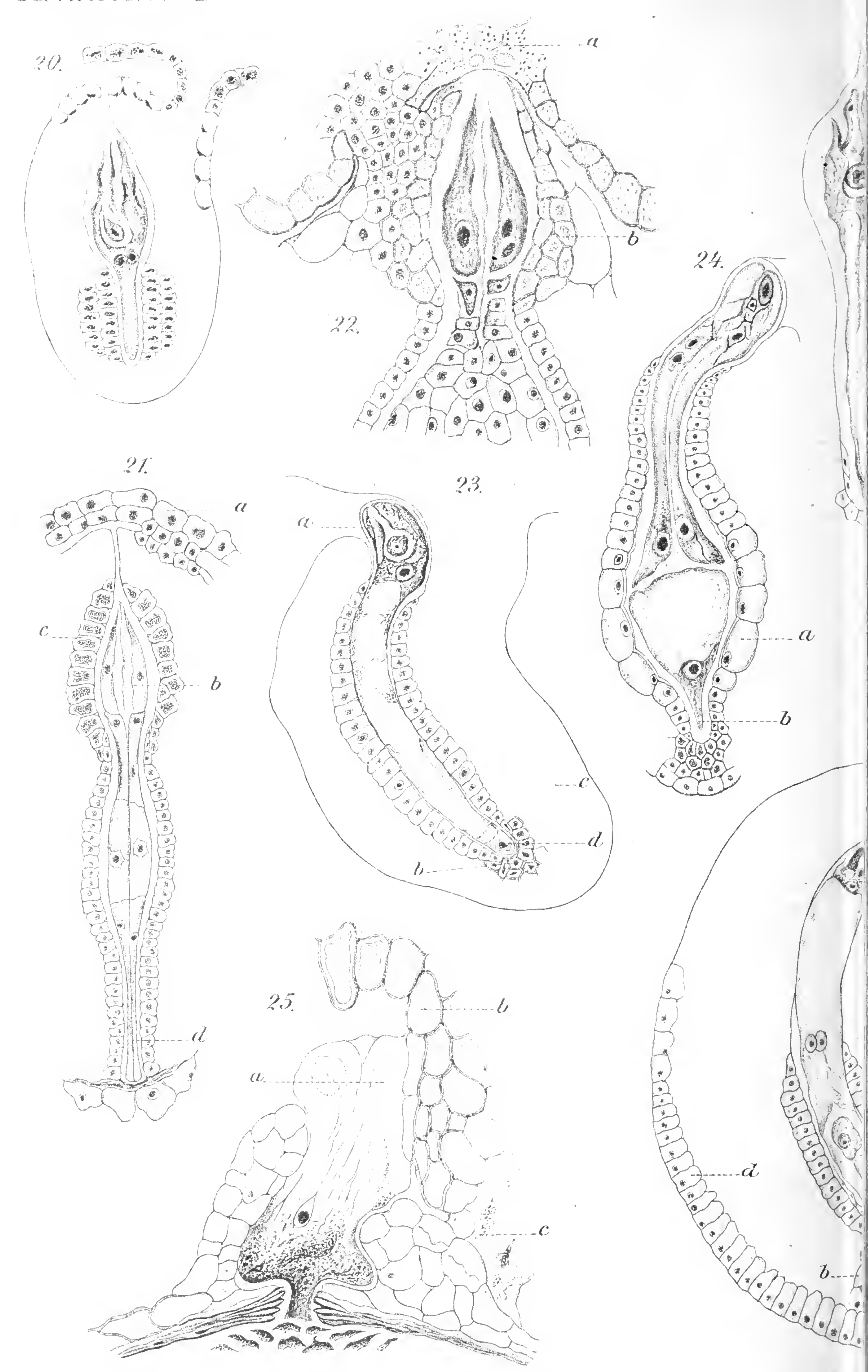
Fig. 45. Sac embr. avec *a* tissu nutritif du micropyle à paroies gélifiées, *b* tapètes *c* antipodes.

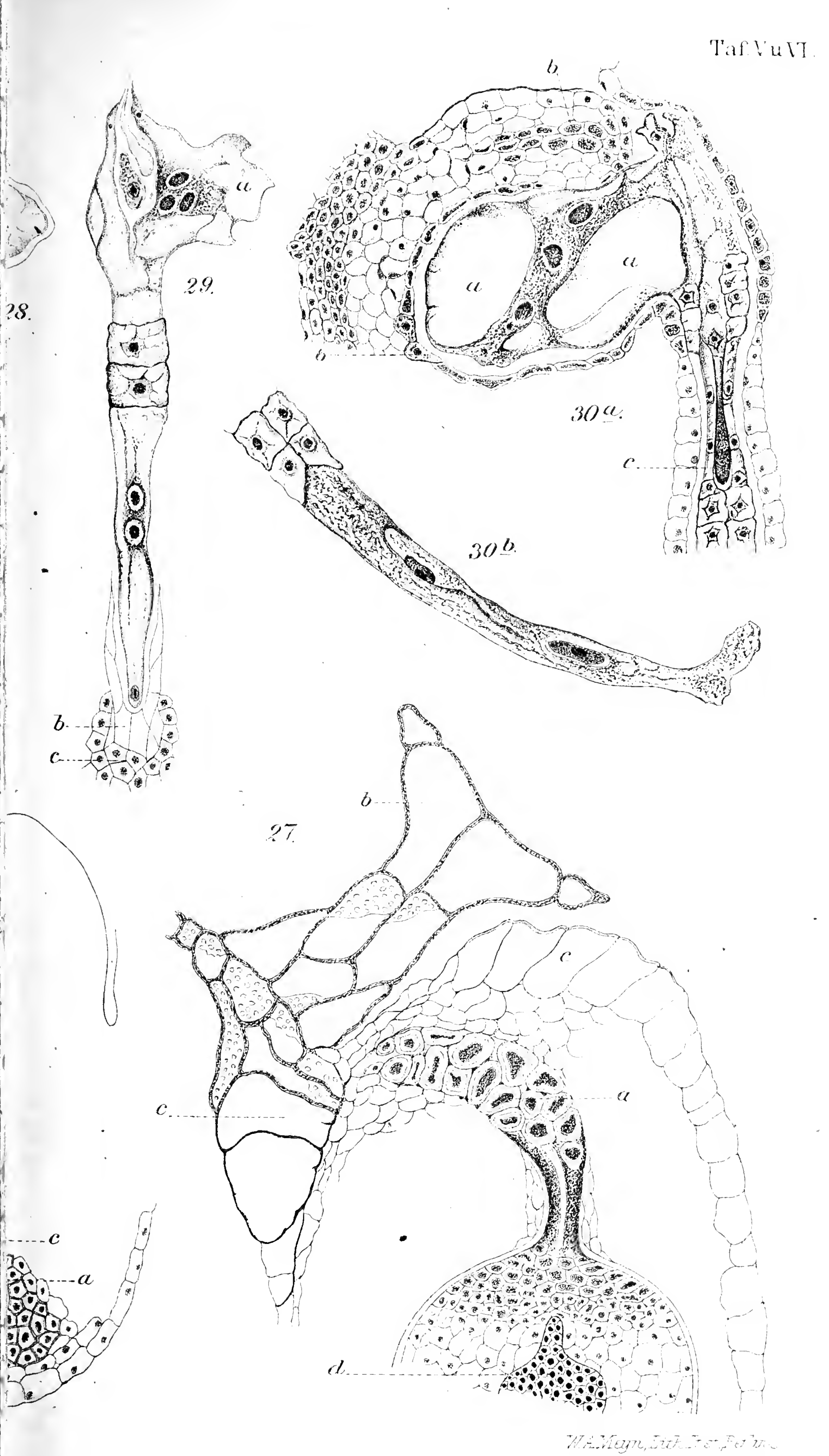
Fig. 46. Phase plus avancée. *a, a* Excroissances haustoriales, *b* vestiges d'antipodes.

Fig. 47. Phase de la formation de l'embryon. *a* Haustorium micropylien double, *b* noyaux en voie de désagrégation, *c* antipodes, *d* suspenseur de l'embryon.

Fig. 48. Développement complet de l'endosperme et de l'embryon. *a* Haustorium microp., *b* haustorium chalazien.


10.
11.
12.
13.
a
d
d
c
b
d'
14 a.
b
a
14 b.
18.
b
19.
b
a


20.
21.
22.
23.
24.
25.
a
b
c
d



W.A. Meyn, Lith. Inst. Berlin.

31.

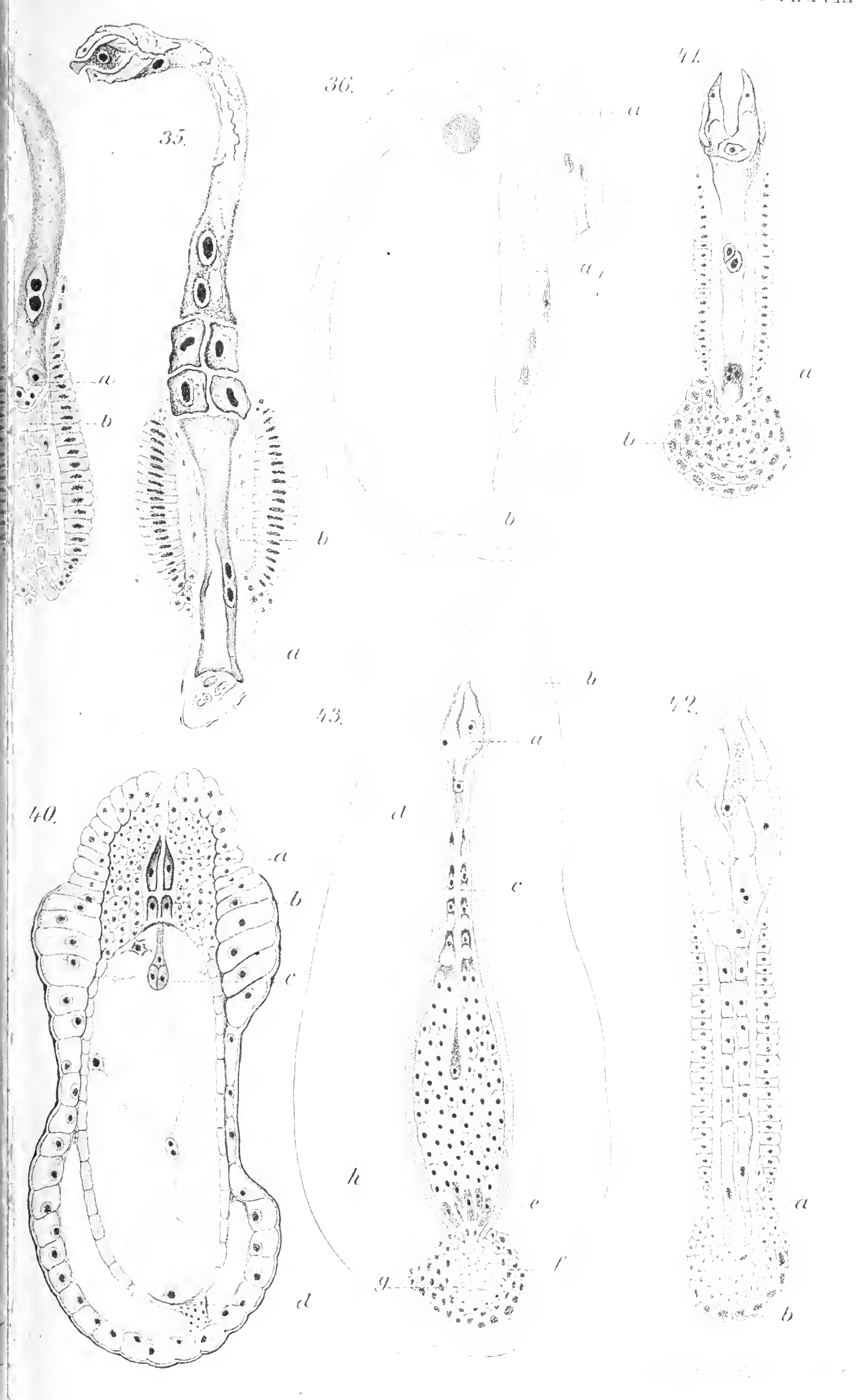
32.

33.

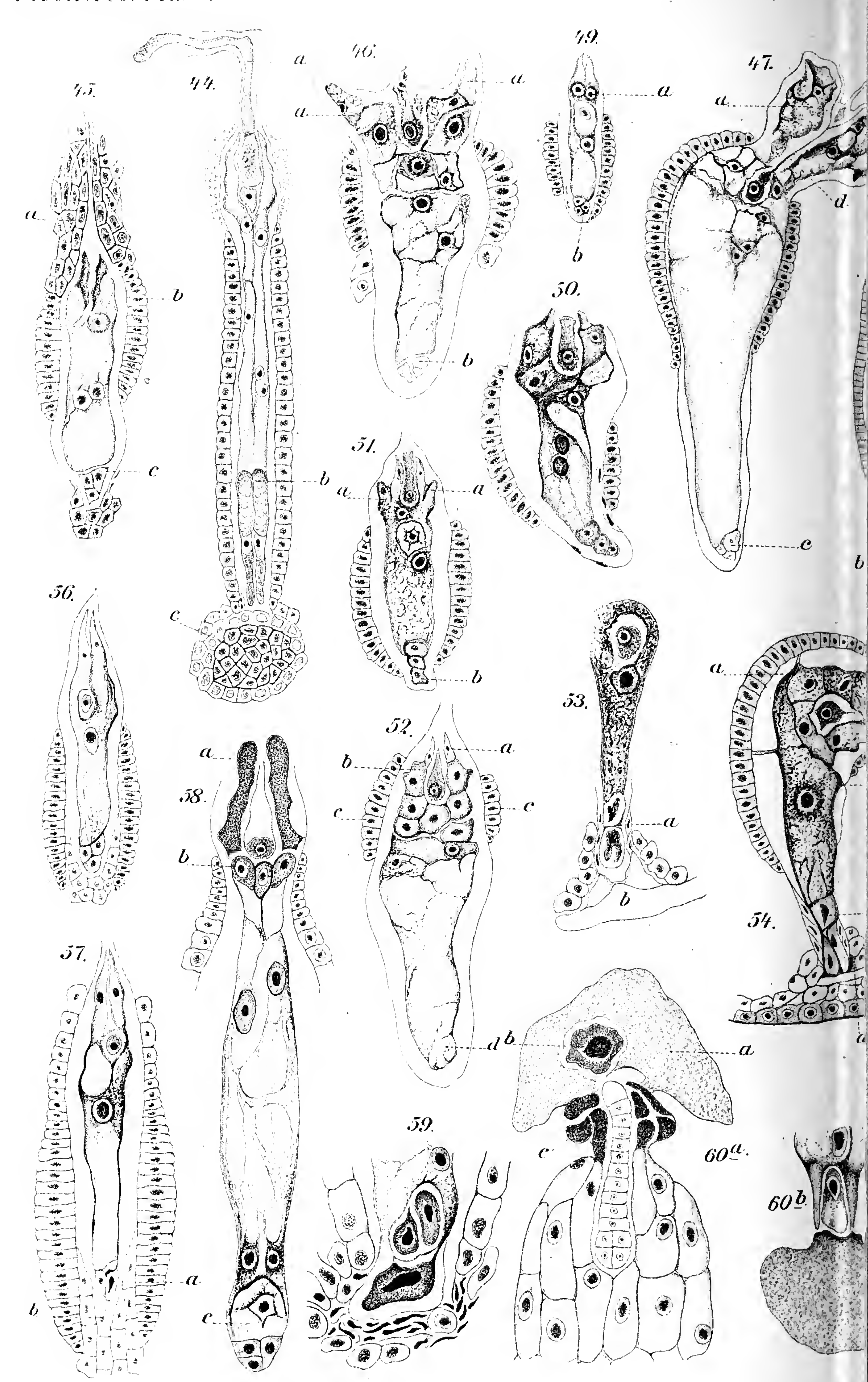
37.

38.

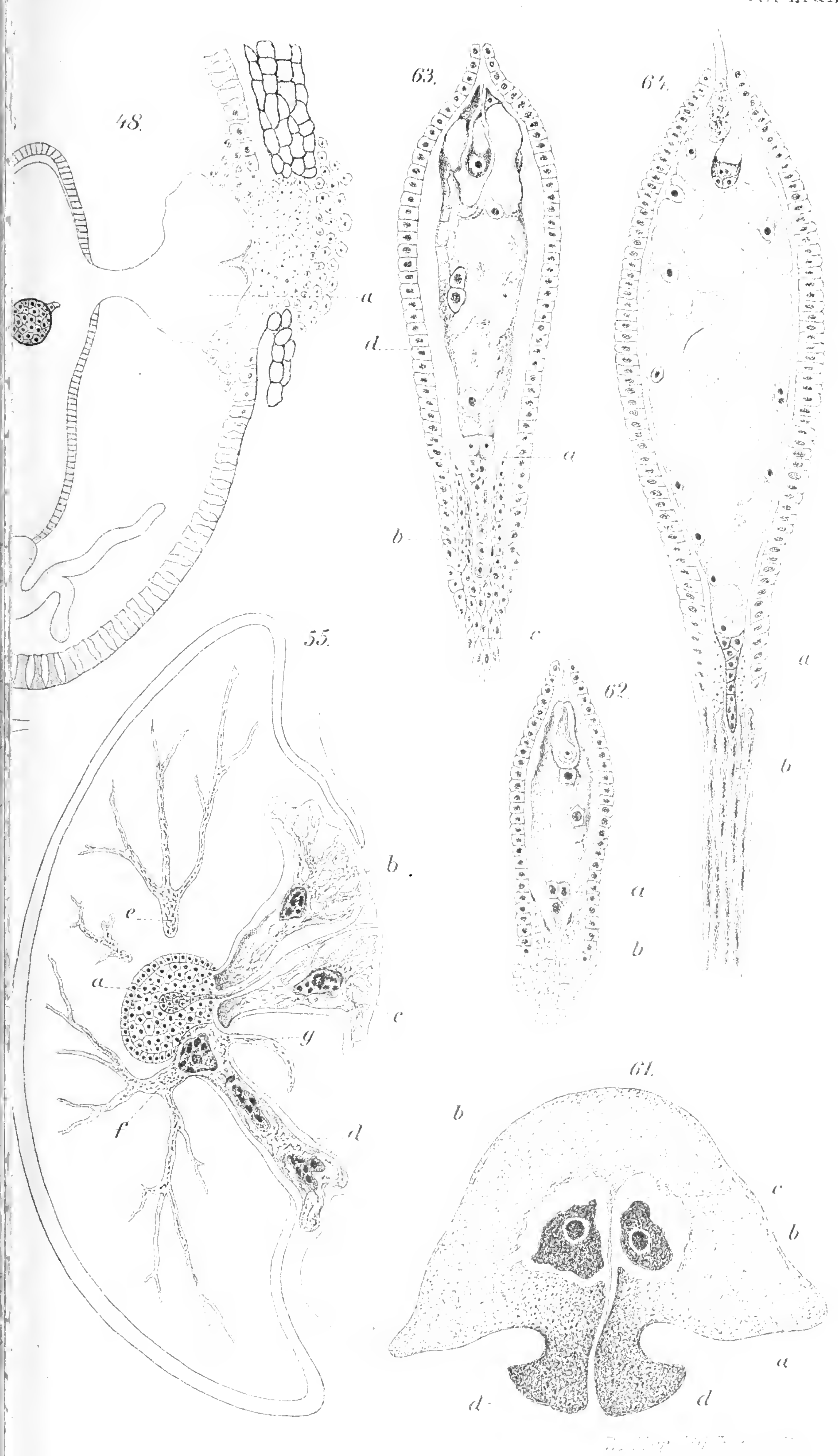
39.



35.
a
b
b
a
36.
a
a,
b
41.
a
b
43.
a
d
c
e
f
g
h
b
42.
a
b
40.
a
b
c
d



45.
44.
46.
49.
47.
50.
51.
56.
53.
52.
58.
54.
57.
59.
60a.
60b.
a
b
c
d


48.
a
63.
64.
d
a
b
c
55.
62.
a
b
b
a
b
e
a
c
g
61.
f
b
d
c
b
a
d
d

Plantago arenaria.

Fig. 49. Sac embr. avant la fécondation. *a* Synergides, *b* antipodes.
Fig. 50. Le même après la fécondation.

Plantago Coronopus.

Fig. 51. Sac embr. avant la fécondation. *aa* Origine des expensions haustoriales, *b* antipodes.

Plantago major.

Fig. 52. Sac embr. après la fécondation. *a* Synergides atrophiées, *b* origine de l'expension haustoriale micropylienne, *cc* tapètes asymétriques, *d* antipodes en voie de désagrégation.

Plantago lanceolata.

Fig. 53. Portion chalazienne du sac avant la division de l'endosperme. *a* Antipodes, *b* fente.
Fig. 54. Sac embr. après la fécondation. *a a* Traînées protoplasmiques, *b* vestiges des tapètes du côté concave, *c* antipodes, *d* fente.
Fig. 55. Ovule après la formation de l'embryon. *a* Sac embryonnaire, *b* haustorium micropylien, *c* suspenseur de l'embryon, *d* haustorium chalazien, *e* conduit supérieur, *f* conduit moyen et inférieur, *g* conduit intrahaustorial.

Campanula rotundifolia.

Fig. 56. Sac embr. avant la fécondation.
Fig. 57. Phase plus avancée. *a* Antipodes, *b* nucelle.
Fig. 58. Le même après la formation de l'endosperme. *a* Première formation du haustorium microp., *b* cellules originaires des expensions sous-haustoriales, *c* expension chalazienne avec le noyau endospermique et les antipodes.
Fig. 59. Origine du haustorium chalazien.
Fig. 60 *a*. Région micropylaire du sac embryon. *a* Haustorium micropyl., *b* noyau, *c* expension sous-haustoriale.
Fig. 60 *b*. Haustorium chalazien à l'état de maturité.
Fig. 61. Haustorium micropylien à l'état de maturité. *a* Substance spongieuse, *b b* noyaux, *c* suspenseur de l'embryon, *d d* expensions sous-haustoriales.

Morina longifolia.

Fig. 62. Sac embr. jeune avec *a* antipodes, *b* nucelle.
Fig. 63. Le même après la fécondation. *a* Antipodes en voie de multiplication, *b* nucelle, *c* origine des cellules allongées, *d* tapètes renforcées.
Fig. 64. Sac embr. après la formation de l'embryon. *a* Antipodes multipliées *b* cordon axial de cellules allongées.

Pteridographische Notizen.

Auct. **H. Christ**, Basel, und **K. Giesenhagen**, München.

I. Archangiopteris nov. gen. Marattiacearum.

Unter einer Sendung von Herrn Augustine H e n r y, dem bekannten Erforscher der südwestlichen Provinz Chinas Yunnan, befand sich ein Farn, der so originelle Merkmale zeigt, dass er füglich ein neues, zunächst an Angiopteris Hoffm. grenzendes, aber dieses Genus

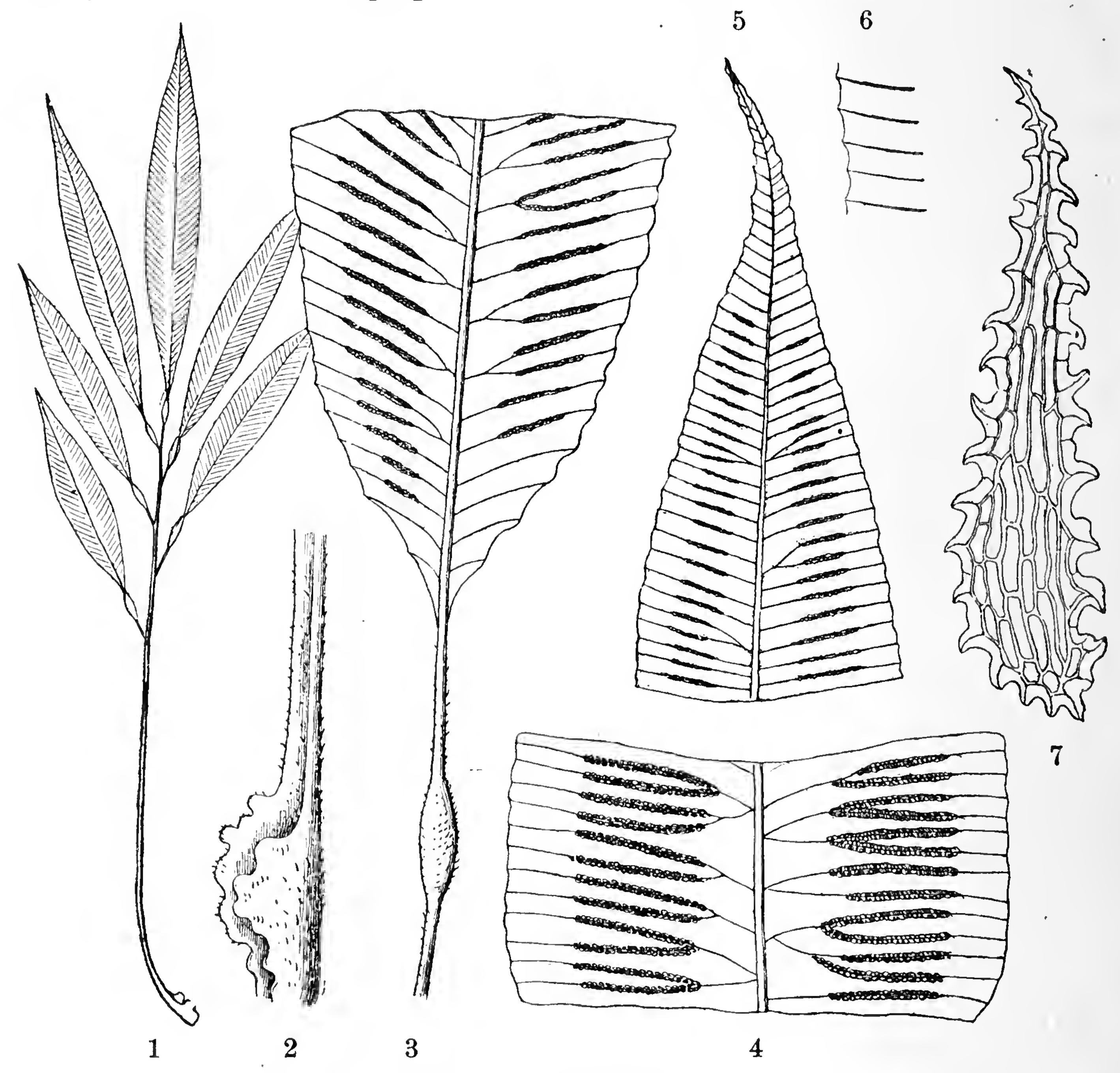


Fig. 1. Archangiopteris.

1. Habitusbild, verkleinert. — 2. Blattstielbasis, nat. Gr. — 3. Basis der Endfieder, nat. Gr. — 4. Ausschnitt aus der Mitte des Blattes, nat. Gr. — 5. Blattspitze, nat. Gr. — 6. Blattrand, vergr. — 7. Schuppe der Basis einer Fieder, vergr.

mit Danaea verbindendes Farngeschlecht bildet, den wir eben wegen seiner verbindenden Stellung, die ja stets an eine alte, conservirte Form denken lässt, Archangiopteris nennen möchten.

Im Aufbau differirt unsere Pflanze sehr stark von der grossen, mehrfach gefiederten Angiopteris und erinnert an eine Danaea durch die schwachen Dimensionen des Stipes und der Spindel und die einfache Fiederung.

In den Blattmerkmalen liegt ebenfalls die Aehnlichkeit mit Danaea näher, indem die „Nervi oder ramuli recurrentes" von Kunze analect. pterid. 3, welche für Angiopteris so charakteristisch sind, fehlen und die Nerven einfach dicht vor dem Rande endigen. Diese nervi recurrentes von Angiopteris bilden zwischen den eigentlichen, in die Zähne des Blattrandes verlaufenden Nerven vom Rande gegen die Costa halbwegs oder noch weiter herablaufende nervenartige Linien, haben aber, wie Mettenius in fil. hort. Lips. pag. 117 nachwies, mit wirklichen Nerven nichts gemein, sondern sind Fortsätze des callosen Blattrandes. Sie haben weder Gefässe, noch liegen über ihnen Stomata, sondern sie sind nur Lamellen farbloser Zellen.

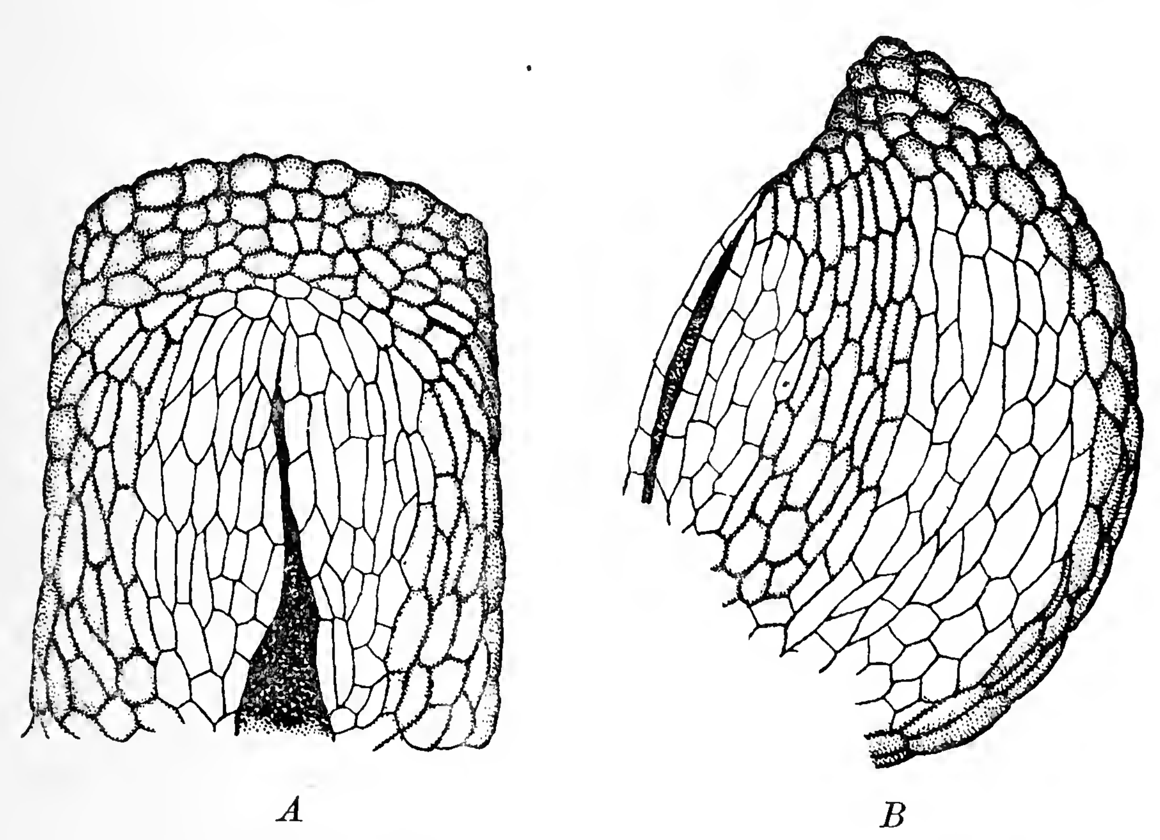


Fig. 2. Einzelne geöffnete Sporangien von Archangiopteris. *A* von vorne, *B* von der Seite gesehen.

Dieser sehr auffälligen Streifungen ermangelt das Blatt von Archangiopteris gänzlich und stimmt also hierin mit Danaea überein.

Dagegen sind die Fruchtorgane in ihrer ganzen Bildung weit näher bei Angiopteris, ohne ganz mit ihr übereinzustimmen. Es sind „eusporangiate" Kapseln: ovale, aus verdickter, d. h. mit mehrfacher Zellschicht versehener Wandung gebildete Sporangien, die sich nach oben durch einen Schlitz („Rima longitudinali introrsa" Metten) öffnen, auch sind sie von reichlichen, rudimentären, grundständigen

Indusien gestützt (vgl. Fig. 2 u. 3), die in zerschlissenen, lanzettlichen, spitz zulaufenden, farblosen Schuppen bestehen. Diese Sporangien folgen auch in dorsaler zweizeiliger Lage den Nerven. Aber sie sind viel zahlreicher: bis 60 jederseits, und bilden einen aus 80—120 Sporangien bestehenden, linealen Sorus, dessen Elemente so dicht zusammengedrängt sind, dass man ohne genauere Untersuchung fast an den Beginn eines Synangiums denkt (vgl. Fig. 4), obschon in Wirklichkeit die Sporangien einzeln stehen und nicht seitlich verbunden sind. Ferner sind die Indusienschuppen so lang, dass sie die Sporangien etwas überragen und dass öfter längs dem Nerv und in der Theilungslinie des zweizeiligen Sorus die Schuppen als weissliche Linie hervorschauen. Endlich sind die Sori medial in ungefähr gleichem Abstand der Costa und des Blattrandes und sind hie und da gegabelt, indem sie der Gabelung der Nerven folgen.

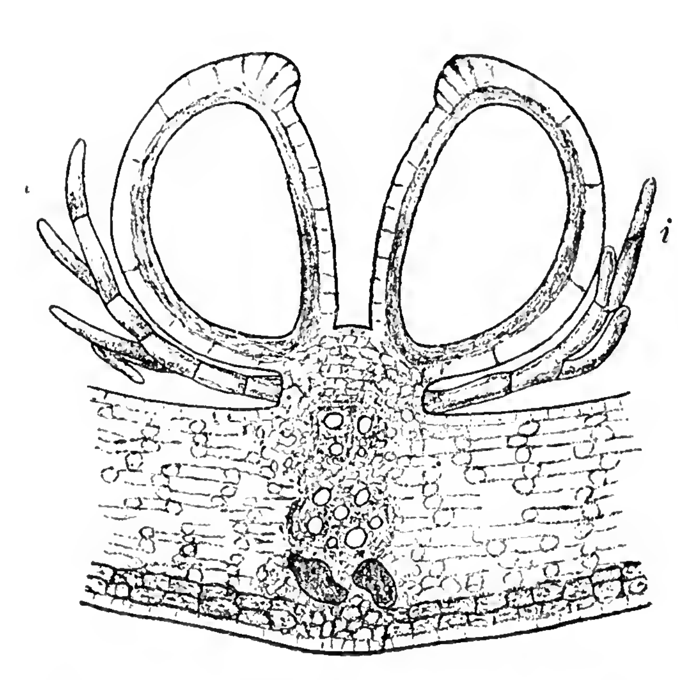


Fig. 3. Querschnitt durch Blattfläche und Sorus von Archangiopteris Henryi. *i* Indusium.

Ganz anders bei Angiopteris. Hier ist der Sorus aus einer ovalen Gruppe von 1—15 Sporangien gebildet und sitzt subterminal, nämlich dicht unter dem Nervenende und zunächst dem Blattrande. Ferner

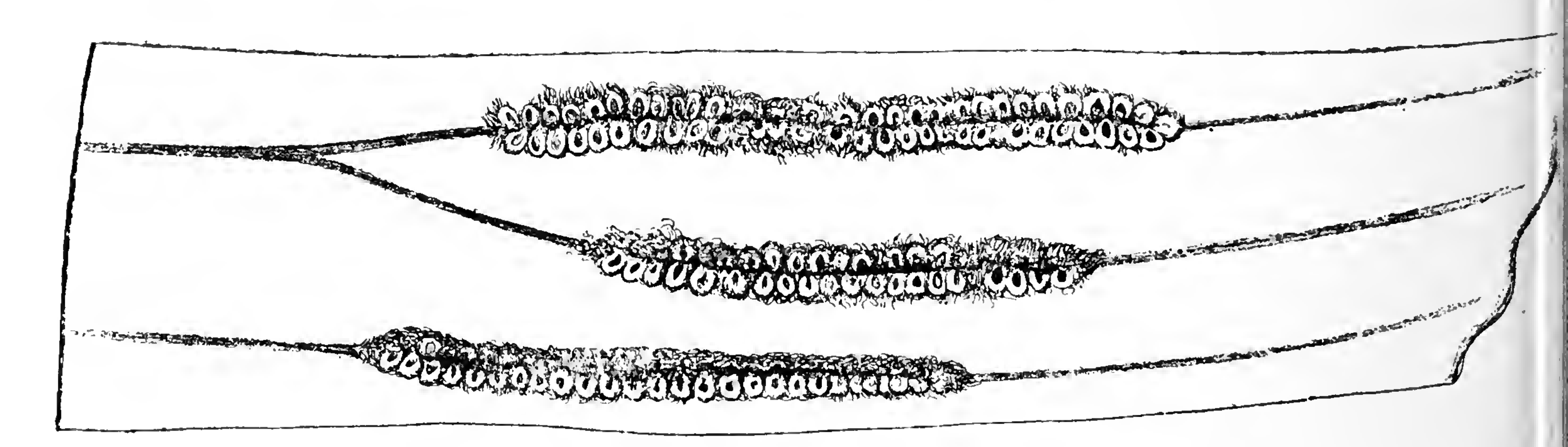


Fig. 4. Ein Stück der mit Sori besetzten Blattunterseite von Archangiopteris Henryi.

ist das Indusium bei Angiopteris aus viel kürzeren und weniger zahlreichen Schuppen gebildet, und eine durch dasselbe gebildete mediale Crista im Sorus fehlt. Nach der Hooker'schen Anschauung ist Archaeopteris als mit einem linealen Sorus versehen in durchgreifender Weise verschieden von dem mit einem rundlichen Sorus versehenen Genus Angiopteris. Wir legen hierauf aus guten Gründen

weniger Gewicht; immerhin sind die hervorgehobenen Unterschiede geeignet, die generische Trennung zu rechtfertigen.

Von Danaea unterscheidet sich Archangiopteris durch einen nicht articulirten Stipes und nicht articulirte Spindel; dagegen sind die Fiedern wie bei Angiopteris articulirt und das Kissen, welches die Articulation bildet, ist langgezogen, ohne dass aber die Fiedern sich abgliedern.

Die Basis des Stipes zeigt das Stipulaepaar beider verwandter Genera; wie das Rhizom beschaffen ist, kann wegen mangelnder vollständiger Exemplare nicht gesagt werden.

Textur und Farbe kommt mit Daneae überein.

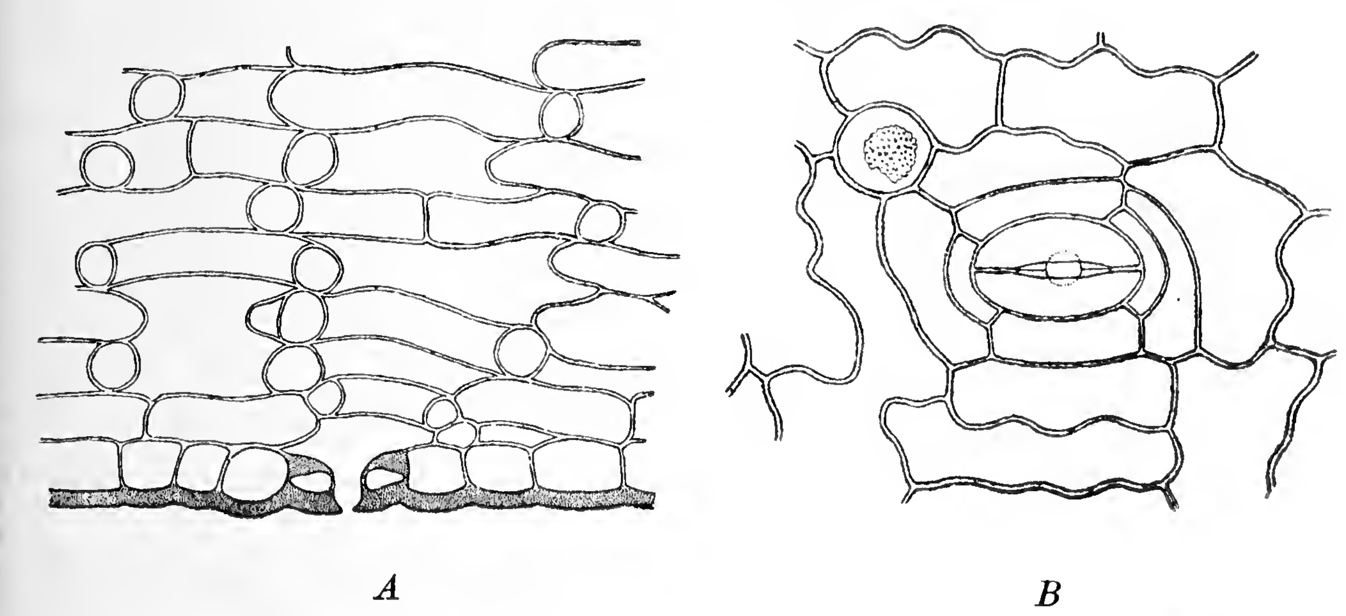


Fig. 5. *A* Querschnitt von der Blattunterseite, *B* Epidermis der Blattunterseite von der Fläche gesehen. Links über der Spaltöffnung eine Kieselzelle mit einem Kieselkörper.

Der anatomische Bau des Blattes kommt trotzdem in seiner Anlage demjenigen von Angiopteris nahe. In der Ausbildung der einzelnen Gewebeformen fehlt es aber nicht an bedeutenden Unterschieden. Statt des typischen Hypoderms, welches Angiopteris an der Blattoberseite entwickelt, finden wir eine mehr oder minder deutliche, durch tangentiale Theilung aus den obersten Zellen hervorgegangene Schicht von flachen Zellen, welche nur über den Nerven durch dicke Wände an ein Hypoderm erinnert, zwischen den Nerven aber dünnwandig und chlorophyllhaltig ist. Bei Angiopteris sind die Zellen des Assimilationsparenchyms an der Blattoberseite pallisadenartig gestreckt; unser Farn besitzt dagegen nur eine oder zwei Lagen von flachen, mehr tafelförmigen Zellen an jener Stelle, welche sich von den Zellen des Schwammparenchyms im Wesentlichen nur dadurch unterscheiden, dass sie etwas dichter gefügt sind und mehr Chlorophyllkörper aufweisen. Das Schwammgewebe schliesst grosse, meist

rundliche Lakunen zwischen den vielarmigen Zellen ein. Die letzteren besitzen ihre grösste Ausdehnung ausnahmslos in der Richtung der Blattoberfläche, so dass man, wie Fig. 5 *A* zeigt, auf dem Querschnitt eine schichtweise Lagerung der Schwammzellen bemerken kann. Diese Lagerungsweise der Zellen des Schwammgewebes findet sich auch bei Angiopteris. Die Luftlücken zwischen den Zellen sind aber dort im Allgemeinen weiter oder, was dasselbe sagen will, die Zellen des Schwammgewebes bilden dort längere, armartige Fortsätze aus. In der Epidermis der Blattunterseite liegen bei Archangiopteris zahlreiche Stomata, welche, wie diejenigen von Angiopteris, zwischen den eigentlichen Schliesszellen einen ziemlich kreisrunden und scheinbar unveränderlichen Eingang enthalten, während die Cuticularleisten einen schmalen und wie es scheint in seiner Weite unveränderlichen Spalt zwischen sich haben (vgl. Fig. 5 *B*). Ausser den Spaltöffnungen finden sich zwischen den Epidermiszellen kleinere rundliche Zellen, welche einen gegen heisse Kalilauge und gegen heisse Schwefelsäure resistenten farblosen Inhaltskörper umschliessen. Dieselben Bildungen finden sich in viel grösserer Zahl auch in der Epidermis der Blattunterseite von Angiopteris, während sie bei Danaea fehlen. Merkwürdiger Weise fanden wir über diese bei Angiopteris besonders auffälligen Gebilde in der uns zugänglichen Litteratur keine Angaben. Es scheint, dass dieselben trotz der zahlreichen Bearbeitungen, welche die Anatomie der Marattiaceen bereits gefunden hat[1]), übersehen worden oder vielleicht mit den Gerbstoffschläuchen identificirt worden sind, welche bei anderen Formen, z. B. bei Danaea, in der Epidermis angetroffen werden. Wir halten die resistenten Inhaltskörper für Kieselknollen, welche ja auch sonst im Farnreiche, z. B. in den Stegmata der Hymenophyllaceen, angetroffen werden.

Ueber den Bau der Gefässbündel des Blattes ist nichts Besonderes hinzuzufügen. Dieselben werden wie diejenigen der übrigen Marattiaceen begleitet von den weiten Schleimgängen, über deren Entstehung und Verlauf in einem früheren Jahrgange dieser Zeitschrift von Kühn[2]) berichtet worden ist. Auf das Fehlen der Scheinnerven, welche bei Angiopteris zwischen den Fiedernerven der Blättchen verlaufen, ist bereits oben hingewiesen worden.

---

1) Z. B. de Vriese et Harting, Monographie des Marattiacees. Leiden 1853. Luerssen, Bot. Ztg. 1873 pag. 625. Holle, Bot. Ztg. 1876 pag. 215. Kühn, Flora 1890.

2) Flora 1890.

Die Beschuppung von Archangiopteris ist an den Articulationskissen am deutlichsten; die Schuppen sind von denen der Angiopteris und der Danaea nicht wesentlich verschieden. Der Habitus der mit wenig zahlreichen alternirenden Fiedern versehenen Pflanze ist der von Diplazium Lechleri (Mett.) Südamerikas, besonders auch infolge der langen, linealen, sehr zahlreichen, parallelen Sori.

Hier die Diagnose der Pflanze:

Archangiopteris nov. gen. Christ et Giesenhagen.

Rhizomate . . .

Stipitibus ad basin stipulatis, stipulis obtusis rotundatis undulatis.

Foliis magnis metrum et ultra longis, stipite $^1/_2$ m longo pennae cygni crassitie, tereti infra longitudinaliter sulcato exarticulato cum rachi et inprimis petiolis pinnarum incrassatis squamis brevibus lanceolatis ciliatis griseis puberulis. Fronde $^1/_2$ m longo $2^1/_2$ dm lato ovato, pinnis remotis alternis 3 ad 6 utroque costae latere cum pinna terminali aequilonga, oblongo-ovatis acutis 25 cm longis 6 cm latis versus basin integris supra levissime crenulatis apice actue serratis; petiolo 2 cm longo leviter inflato nigricante evidenter pilosulo suffultis, nervis creberrimis (ca. 80 utroque costae latere) fere horizontalibus, fere ad marginem ipsum protensis apice haud incrassatis nigris saepe ad basin et supra iterum furcatis parallelis, valde conspicuis. Textura papyracea tenui colore obscure viridi, pinnis glabratis.

Soris medialibus, spatio separatis, a costa et a margine pinnae aeque: 2 cm circiter, distantibus, numerosissimis, usque at 80 utroque costae latere, linearibus, saepe furcatis i. e. nervos furcatos sequentibus 2 cm longis 2 mm latis rufis linea albida indusiis laceratis formata separatis, sporangiis biseriatis nervo fertili haud incrassato insidentibus; 60 ad 80 utroque receptaculi latere, confertissimis basi adnatis nec connatis ovalibus rima introrsa longitudinali apertis; indusio e squamis numerosis laceratis albis cum sporangiis aequilongo aut longiore constituto. Sporis parvis bilateralibus globosis sive subreniformibus glabris fulvis.

Differt ab Angiopteride soro lineari nec ovali, mediali nec subterminali, indusio majore, sporangiis multo numerosioribus, fronde multo minore, simpliciter nec pluries pinnata, et „nervulis“ recurrentibus nullis.

Differt a Danaea stipite rachique exarticulatis, sporangiis haud in synangia concretis, indusio.

A. Henryi Christ et Giesenhagen. Species ad huc monotypica.

Diese Pflanze hat mit der Psilodochia des Presl Suppl. 28, die eine mehrfach gefiederte Form ist, nichts gemein.

Sie wurde von Herrn Henry in den Bergen im Südost von Mengtze, Yunnan bei 5000 engl. Fuss unter Nr. 11544 gesammelt.

Nachträgliche Anmerkung. Durch gütige Mittheilung des Herrn Dr. Solereder erhielten wir nachträglich Kenntniss von einer Litteraturnotiz, welche sich mit den Kieselzellen in der Epidermis der Marattiaceen beschäftigt. Dieselbe findet sich in den Sitzungsberichten der math.-phys. Classe der Kgl. bayer. Acad. d. Wiss. 1890 Bd. XX Heft I in einer Arbeit von L. Radlkofer über die Gliederung der Sapindaceen. Da die genannte Arbeit manchen Fachgenossen sicher schwer zugänglich ist und da die betreffende Notiz an der angegebenen Stelle wohl schwerlich von einem Bearbeiter der Marattiaceen gesucht werden dürfte, so halten wir es für angezeigt, die auf sorgfältigster Beobachtung basirten Angaben, nachdem wir uns der gütigen Einwilligung des Herrn Verfassers versichert haben, hier in extenso mitzutheilen:

„Nebenbei mögen ferner den von Kohl angeführten Pflanzen mit Kieselerdeablagerungen im Innern bestimmter Zellen nach einer zuerst an einem fructificirenden Exemplare von Angiopteris evecta Hoffm. im Münchener Garten gemachten Beobachtung die Marattiaceen beigefügt sein, welche in einzelnen oder zu zweien und mehreren (bis zu 12 und 18) an der unteren Blattfläche zwischen den Spaltöffnungen neben einander liegender Epidermiszellen je einen länglich runden, die Zelle fast ganz erfüllenden Ballen von Kieselerde mit fein grubiger oder traubiger Oberfläche und vacuoligem Innern besitzen, jedoch nicht ausnahmslos. Einzelne derartige Zellen zeigte mir eine als Marattia fraxinea L. aus Kew mitgetheilte Pflanze vom Caplande, coll. Burchell n. 5821; armzellige Gruppen zeigte die erwähnte Angiopteris evecta Hoffm. des Münchener Gartens; reichzellige die im Kew-Cataloge unter n. 3183 ebenso bezeichnete Pflanze von Wight. Zu fehlen scheinen sie bei Kaulfussia und Danaea. Beim Verbrennen der Epidermis in der Weingeistflamme werden die Kieselballen bis auf einen farblos bleibenden Saum braun, was auf einen Gehalt von organischen Substanzen oder ein Eindringen solcher während der Verbrennung schliessen lässt; bei vollständiger Veraschung des Gewebes bleiben die Ballen ohne solche Färbung zurück.

„Ich nehme, da Kohl diese Ablagerungen nicht erwähnt hat, an, dass sie der Aufmerksamkeit der Beobachter bisher sich entzogen haben. Auch in R. Kühn's Untersuchungen über die Anatomie der Marattiaceen (Flora, Jahrg. LXXII, Dez. 1889 457 etc.) ist nichts darüber zu finden.“

II. Eine neue Hymenophyllacee mit Sprossknöllchen.

Die Hymenophyllaceen zeigen eine Reihe von auffälligen morphologischen Verhältnissen, welche zum Theil in anderen Farngruppen nicht gefunden werden, und welche mit den eigenartigen Lebensverhältnissen dieser zierlichen Pflanzen in innigster Beziehung stehen. Besonders hervorstechend sind die wechselvollen Baueinrichtungen, welche die permanente Feuchterhaltung dieser gegen Austrocknung äusserst empfindlichen Farne bewirken. Wir finden neben zahlreichen im Moospelz der Urwaldbäume kriechenden Arten, welche durch die Kleinheit ihrer Blattflächen und durch die Erzeugung eines Haarwurzelfilzes an Spross und Blättern wie das sie umgebende Moos gegen Austrocknung geschützt sind, grössere Formen, welche ihr vieltheiliges Laub der Rinde der Urwaldbäume dicht anschmiegen und sich dadurch in den Genuss der an der Stammoberfläche herabrieselnden Feuchtigkeit setzen, oder welche ihre derberen, schildförmigen Blätter ähnlich wie Conchophyllum oder Oncidium Limminghii [1]) wie einen schützenden Mantel über Spross und Wurzeln herbreiten und das darunter aufgefangene Thau- und Regenwasser zu langsamem Verbrauch festhalten. Neben Formen, welche die zahllosen Zipfel ihrer feingeschlitzten Wedel wie die Haare eines Farbenpinsels an einander zu legen und das Wasser äusserlich festzuhalten vermögen, kommen andere vor, deren einfachere Blattfläche beim allmählichen Schwinden der Feuchtigkeit in der Umgebung sich tutenförmig zusammenrollt und den letzten Wassertropfen bis zum Rest für sich ausnutzt. Wir finden Blätter, deren Rand und Fläche als Wasserfang ein dichtes Haarkleid tragen, neben anderen, die mit längs verlaufenden Lamellen besetzt sind, zwischen denen die Feuchtigkeit wie die Tinte im Spalt der Schreibfeder von der durch Tropfenfall benetzten Stelle über die ganze Blattfläche vertheilt und kapillar festgehalten wird. Bisweilen sind eigenartige Randschuppen oder Blattfalten und -Ohren ausgebildet, welche in ähnlicher Formgestaltung nur bei den Lebermoosen auftreten. Kurzum eine wechselreiche Zahl

1) Goebel, Pflanzenbiologische Schilderungen Bd. 1 pag. 229.

von Anpassungserscheinungen an eine intermittirende Wasserversorgung sind nachgewiesen und beschrieben worden.[1])

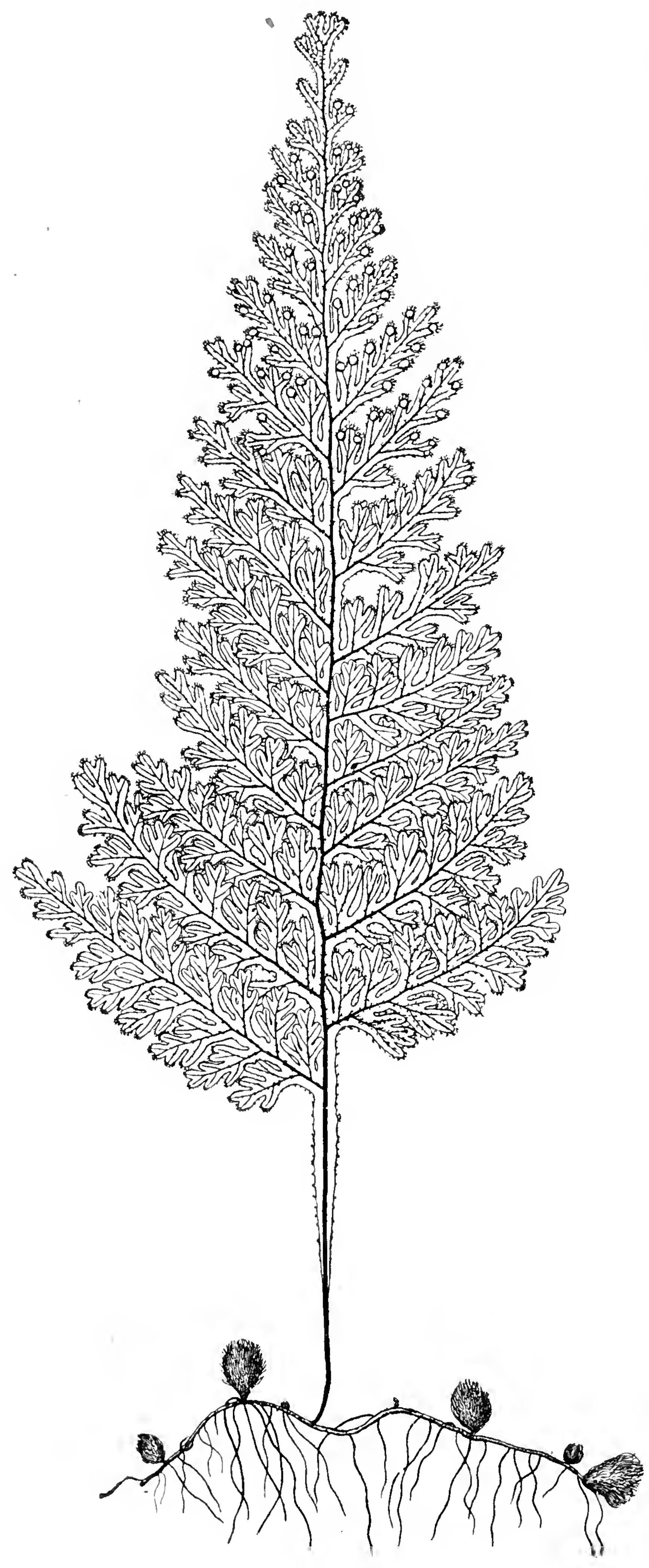


Fig. 6. Hymenophyllum Ulei. Natürl. Grösse.

Auffällig muss es erscheinen, dass alle die erwähnten und alle sonst bisher bekannten [1]) Einrichtungen der Hymenophyllaceen zum Auffangen und Festhalten der Flüssigkeit das Wasser nur äusserlich mit dem Pflanzenkörper in Berührung bringen, nicht wie bei anderen unter ähnlichen Verhältnissen lebenden Farnen, etwa den Niphobolusarten, die Flüssigkeit direct in das Körpergewebe der Pflanze einführen und in besonderen inneren Wasserspeichern festhalten. Es steht das in einer gewissen Wechselbeziehung mit einer anderen Anpassungserscheinung, welche den Hymenophyllaceen eigen ist. Die Blattflächen sind leicht benetzbar, ein Flüssigkeitstropfen breitet sich auf ihnen infolge der Adhäsion aus, und die äusserliche Feuchterhaltung der Blattfläche ist für sie eine wichtige Lebensbedingung. Sie sind deshalb als die Wasserpflanzen des festen Landes bezeichnet worden.[2]) Wie die untergetauchten Blätter der Wasserpflanzen können diese stets

1) Giesenhagen, Die Hymenophyllaceen. Flora 1890.

2) Giesenhagen a. a. O.

benetzten Farnwedel keine Spaltöffnungen ausnutzen, weil deren Poren, durch die Feuchtigkeit verstopft, keinen regeren Gaswechsel ermöglichen würden. Wo aber keine Spaltöffnungen sind, da kann auch keine dickere Gewebemasse am Blatt zur Ausbildung kommen, weil den im Innern des Gewebecomplexes gelegenen Zellen die zur Entwickelung sowohl als zur späteren Unterhaltung der Lebensfunction nöthige Athemluft mangeln würde. So sind die Blätter ebenso wie bei submersen Wasserpflanzen dünne Gewebeplatten und meist zugleich in feine Zipfel gespalten.

Nach dem Gesagten wird die Auffindung eines Falles, in welchem bei einer Hymenophyllacee ein innerer Wasserspeicher ausgebildet ist, eines gewissen allgemeinen Interesses nicht entbehren. Es handelt sich um ein neues, bisher nicht beschriebenes Hymenophyllum aus der brasilianischen Provinz St. Catharina, welches wir nach dem Entdecker als Hymenophyllum Ulei bezeichnen wollen. Freilich für die Blattflächen dieses Farnes bleiben dieselben Bedingungen bestehen, welche für die unter gleichen äusseren Umständen lebenden verwandten Formen oben angedeutet worden sind. Sie sind dünne, vielfach zerschlitzte Zellflächen mit leicht benetzbarer Oberfläche, an den Zähnchen des Blattrandes und an den Nerven stehen paarweise die wenigarmigen Sternhaare, welche bei vielen Hymenophyllen gefunden werden.

An dem kriechenden Rhizom des Farns stehen eigenthümliche, knospenartige Körper, welche mit einem dichten Schopf einfacher, kegelförmiger Haare nach oben abschliessen. Auf den ersten Blick möchte man geneigt sein, diese Gebilde für jugendliche Blattanlagen oder für Sprossspitzen zu halten, welche ja bei vielen Hymenophyllaceen in ganz ähnlicher Weise mit einem schützenden Pinsel gleichgestalteter Haare bebartet sind. Aber schon die stattliche Grösse der Körper und ihre Zahl und Anordnung zwischen den entwickelten Laubblättern widersprechen dieser Annahme, und die nähere Untersuchung zeigt, dass wir es mit ganz eigenartigen Knollen zu thun haben, welche kreiselförmig gestaltet sind. Wenn uns auch der Erhaltungszustand und die relative Spärlichkeit des für die Untersuchung verfügbaren Materials hinderte, über alle Fragen Aufschluss zu gewinnen, so gelang es doch, über Entwickelung und Bau dieser Knollen einige Beobachtungen zu machen, welche auf die morphologische Natur und auf die Function der Gebilde schliessen lassen.

Die Knöllchen treten als Höckerchen an der Oberfläche des Rhizoms hervor und machen zunächst den Eindruck einer mit Haaren bedeckten Adventivsprossanlage, in welche das Gefässbündel des

Rhizoms einen Seitenast hineinsendet. Das Wachsthum des jungen Gebildes weicht aber von demjenigen eines Seitensprosses sehr bald insofern wesentlich ab, als das Primordium sich an seinem Scheitel mehr und mehr abflacht und stark in die Dicke wächst, so dass es allmählich Kreiselform bekommt. Der obere Rand des kreiselförmigen Gebildes erhebt sich dann mehr und mehr über die obere Fläche in ähnlicher Weise wie sich etwa der Kelchrand eines unterständigen Fruchtknotens über die Anlagen der Fruchtblätter erhebt. Auf diese Weise erscheint das ganze Gebilde oben urnen- oder schüsselförmig vertieft. Der Rand der Vertiefung bedeckt sich schon während seiner Entwickelung mit den geraden, lang kegelförmigen Haaren, welche den makroskopisch wahrnehmbaren Haarschopf bilden.

Verfolgen wir die Entwickelung des Gewebes im Innern des Gebildes, so zeigt sich, dass das Dickenwachsthum des ganzen Gewebekörpers hauptsächlich dadurch zu Stande kommt, dass in der Fortsetzung des Gefässbündels ein markartiges Gewebe auftritt, welches vielmal grösseren Durchmesser hat als das Bündel. In diesen markartigen Gewebekörper hinein setzt sich das Gefässbündel fort, indem die Zahl der Tracheiden wesentlich vermehrt wird und die Elemente des Bündels ausserdem in weit lockererem Verbande, d. h. getrennt durch parenchymatische Grundgewebsmassen, neben einander verlaufen. Die Fig. 7 zeigt einen Querschnitt durch eine ziemlich junge Knolle nahe unter dem Scheitel. Die Gewebedifferenzirung ist schon so weit fortgeschritten, dass man deutlich einen Rindentheil und einen centralen Theil unterscheiden kann. Zwischen beiden liegt eine einzige Schicht inhaltsreicher Zellen, welche im Präparat fast noch deutlicher hervortrat als in der Figur. Das Gewebe des rindenartigen Theils setzt sich nach oben in den Urnenrand fort und trägt auf seiner Oberfläche die Haare. Die Zellwände dieses Theiles

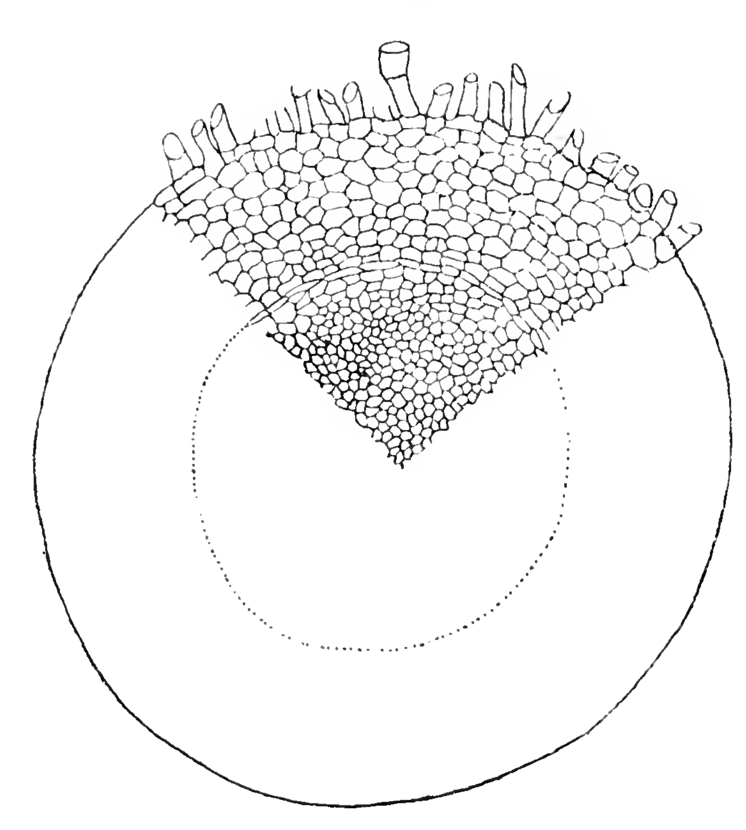


Fig. 7. Querschnitt durch den massiven Theil eines jungen Knöllchens von Hymenophyllum Ulei.

sind stark gebräunt und resistent gegen concentrirte Schwefelsäure. Sie sind um so dicker, je näher sie der Basis des Knöllchens gelegen sind. Dort, wo der Körper des Knöllchens, zu einem stielartigen Theil zusammengezogen, sich an das Rhizom ansetzt, sind die dunkelbraunen Wände der Rindenschicht ebenso wie in dem Rhizom selber sehr stark verdickt und bilden einen sicheren Schutz für das von vielen dünnwandigen, grosskernigen Parenchymzellen begleitete Leitbündel. In dem in der Figur im Jugendstadium dargestellten centralen Theil des Knöllchens bilden sich im Anschluss an die Elemente des vom Stamm herkommenden Bündels später die Leitbahnen aus, deren Anordnung und Vertheilung in der erwachsenen Knolle wir oben kurz geschildert haben.

Wir haben also hier einen ähnlichen anatomischen Bau, wie er sonst bei den Hydathoden der Farne vorkommt. Nahe unter einer eng umschriebenen Stelle der Körperoberfläche, welche hier wie bei vielen Farnhydathoden, durch Ueberwallung des umgebenden Gewebes in eine Grube versenkt erscheint, liegt eine stark verbreiterte Gefässbündelendigung mit zahlreichen Tracheiden, welche von dünnwandigen Parenchymzellen begleitet und umgeben sind. Man könnte denken, dass dieser Aehnlichkeit des Baues auch eine gleiche Function entspräche. Es sprechen indessen gewichtige Gründe dagegen. An einem Organ, welches zum Wasserabgeben bestimmt ist, hätte weder die starke Korkrinde, noch der Haarbesatz einen Sinn. Wasserausscheidende Organe bedürfen einer freieren Stellung an der Peripherie des Pflanzenkörpers; an dem im Moosrasen kriechenden Rhizom können sie nicht günstig functioniren. Abgesehen davon, dass eine Ausscheidung des von den Wurzeln in das Rhizom geleiteten Wassers direct am Rhizom nach unserer Auffassung von dem Werth der Hydathoden für das Leben der Pflanze keinen rechten Sinn hätte, finden wir ja auch sonst im Pflanzenreich genug Beispiele dafür, dass hydathodenartige Organe die Aufnahme von Flüssigkeiten in den Pflanzenkörper bewirken. Ja, Haberlandt bezeichnet die Digestionsdrüsen der Insektivoren geradezu als metamorphosirte Hydathoden.

So steht denn wohl nichts der Annahme entgegen, dass die kreiselförmigen, behaarten Knöllchen des Hymenophyllum Ulei zur Aufnahme und vorübergehenden Speicherung von Regen- oder Thauwasser bestimmte Organe sind. Für diese Function scheinen die Knöllchen in jeder Beziehung aufs beste angepasst. Die Haarpinsel, welche über den Moosrasen, in welchem das Rhizom versteckt ist, sich erheben oder doch durch ihre aufrechte Stellung dem Zutritt des Regens und der Thautropfen besser dargeboten sind als die Ober-

fläche des im Substrat verborgenen Rhizoms — die Haarpinsel saugen sich voll, sobald Wasser mit ihnen in Berührung kommt. Sie saugen das Wasser in die Urnenhöhlung und lenken es direct zu der absorbirenden Oberfläche im Grund der Urne. Sie schützen es dort vor Verdunstung und vor dem Raub durch kleine Thiere, bis es allmählich in die Knolle aufgenommen worden ist. In der Knolle selbst ist das Wasser durch die dicke, verkorkte Rindenschicht aufs Beste geschützt, es kann direct in die Leitbahn des Sprosses und durch diese zu den Blättern je nach Bedarf abgeführt werden.

Es darf nicht verschwiegen werden, dass bei der Untersuchung der Knöllchen noch zwei weitere Annahmen eingehend geprüft wurden. Einmal konnten die Knöllchen Organe der ungeschlechtlichen Vermehrung sein, also Brutknöllchen. Dagegen spricht aber mit aller Schärfe der Umstand, dass die Knöllchen so fest mit dem Spross vereinigt sind, dass eine spontane Ablösung undenkbar erscheint. In der That trifft man denn neben jüngeren auch ältere Knöllchen an den Rhizomen an, welche dadurch abnorm verändert sind, dass das wasserhaltige Gewebe, in welchem die Tracheiden auslaufen, zerstört ist. Sie sitzen trotzdem ebenso fest an der Achse wie die jungen.

Des Weiteren war die Annahme zu berücksichtigen, dass die Knöllchen Gallen sein könnten. Trotz sorgsamster Prüfung der Objecte auch nach dieser Richtung wurde aber nichts gefunden, was diese Annahme berechtigt erscheinen lassen konnte. Auch die ganze Entwickelung des Gebildes, die Anlage als Seitenspross in Verbindung mit dem Gefässbündel der Hauptachse, die kräftige Entwickelung des Gefässbündelendes scheinen mir gegen die Gallennatur zu sprechen. Ferner sind die Knöllchen befähigt, Seitentriebe zu bilden, welche wieder zu Knöllchen werden können. Ich fand an dem Stielansatz einer schon ziemlich entwickelten Knolle die Anlage eines jungen Knöllchens vor, das im Entwickelungsalter offenbar weit hinter der grösseren Knolle zurückstand. Dass sich in den älteren Knöllchen mit zerstörtem Parenchym Pilzfäden fanden, ist wohl weniger zu verwundern, als wenn das Gegentheil zu berichten wäre. In jungen in der Entwickelung begriffenen Knöllchen fand ich keine Pilzfäden vor.

So scheint uns denn der Schluss berechtigt, dass die Knöllchen von Hymenophyllum Ulei metamorphosirte Seitensprosse sind, deren Vegetationspunkt ähnlich wie bei der Bildung von Sprossdornen oder von Blüthen bei höheren Pflanzen während der Metamorphose gänzlich aufgebraucht wird. Das oben urnenförmig eingesenkte, kreiselförmige, mit Haaren dicht besetzte Knöllchen dient zum Auffangen

und Aufsaugen von Wasser, welches dem Hymenophyllum im Urwalde nur zu gewissen Tageszeiten in ausreichender Menge zur Verfügung steht. Dass auch der Entdecker E. Ule bei der Beobachtung in der freien Natur eine ähnliche Auffassung von der biologischen Bedeutung der Knöllchen gewonnen hat, geht aus einer Notiz desselben in den Berichten der D. bot. Ges. XV p. (86) hervor, wo das knöllchentragende Hymenophyllum kurz erwähnt wird. Eine ähnliche weitgehende Metamorphose von Sprossachsen bei Farnen ist bisher nicht bekannt geworden. Die unterirdischen Sprossknollen von Nephrolepis cordifolia, welche nach Goebel als Wasserspeicher anzusehen sind, besitzen noch einen entwickelungsfähigen Vegetationspunkt, der unter günstigen Bedingungen zum oberirdischen Laubspross auswachsen und so zur Vermehrung der Pflanze beitragen kann.

Wir geben zum Schluss die Diagnose der interessanten Hymenophyllumart, von welcher uns hoffentlich bald einmal besseres und reichlicheres Material zur Nachprüfung und Ergänzung unserer oben gemachten Angaben in die Hände fallen wird.

Hymenophyllum Ulei Christ et Giesenhagen.

Rhizomate ramoso tenui sed firmo longe repente parce squamuloso receptacula numerosa sessilia subglobosa ad basin attenuata dura sed centro cava squamis ferrugineo-luteis linearibus ciliatis omnino obtecta gerente; stipitibus sparsis erectis $3^1/_2$ cm longis atris, fronde 11 cm longa basi 5 cm lata e basi deltoidea oblongo-acuminata tripinnatifida pinnis infimis longissimis superioribus versus apicem angustum sensim decrescentibus confertis sese tangentibus lanceolatis, segmentis 2 ordinis brevibus ovalibus, tertii ordinis ovatis obtusissimis infra rarius iterum lobatis $2^1/_2$ mm longis 2 mm latis; segmentis rachim nusquam attingentibus, sed ala 2 mm lata ubique etiam secus rachim et stipitis dimidiam partem prostante. Colore obscuro fusco-viridi, textura hygroscopica facile corrugata, planta undique pilis furcatis et stellatis satis firmis strigosa et ciliata. Soris in apice segmentorum superiorum et ultimorum in tertia frondis parte superiori attenuata positis, cum segmentis aequilatis, valvis rotundis margine integro sed pilis stellatis creberrimis valde ciliato.

Zunächst verwandt mit H. ciliatum Sw., welches sich, abgesehen von den knolligen Gebilden, durch breitere, an der Basis herzförmige, mit ungleichen Schalen versehene Sori unterscheidet, die breiter sind als das fertile Segment. Siehe Hooker, Spec. I 89.

Hab. Brasiliae meridionalis Prov. S. Catharina l. E. Ule Nr. 4510.

Ueber die Sexualität der Ectocarpeen.

Von

Friedrich Oltmanns.

Vor etwa zwei Jahren beobachtete ich[1]), dass gewisse Flagellaten die Schwärmer von Ectocarpus unter Formalitäten aufnehmen, welche einer echten Copulation eminent ähnlich sehen. Ich schloss daraus, dass möglicher Weise auch Berthold[2]) s. Z. diese scheinbare und nicht eine wahre Copulation des Ectocarpus siliculosus vor sich gehabt habe. Berthold bestritt meine Vermuthungen.[3]) Im letzten Frühjahr habe ich nun die Beobachtungen in Neapel noch einmal aufgenommen.

Ich finde wie früher die beschriebenen Flagellaten, aber ich finde auch, dass Berthold's Angaben vollauf richtig sind. Beide Vorgänge existiren also, und das glaube ich betonen zu sollen, da Sauvageau[4]) ohne experimentelle Prüfung versucht hat, das Ganze lächerlich zu machen und den Anschein zu erwecken, als ob ich überhaupt Gespenster gesehen hätte.

Nach freundlicher Bestimmung von Herrn Dr. Kuckuck hatte ich diesmal nicht den früher benutzten Ect. criniger vor mir, sondern Ect. siliculosus in verschiedenen Formen. Beide Species wachsen auf Scytosiphon lomentarius, und wenn ich in der citirten Arbeit hervorhob, dass Berthold vielleicht auch den erst neuerdings unterschiedenen Ect. criniger vor sich gehabt habe, so glaube ich jetzt hervorheben zu müssen, dass auch er wohl sicher mit Ect. siliculosus arbeitete.

Experimentell verfuhr ich im Uebrigen wieder in der bekannten Weise, indem ich, wie Berthold, einzelne Rasen des Ectocarpus in mittelgrossen Glasgefässen isolirte. Die Schwärmer traten meistens bis 9 Uhr Morgens aus den Tags zuvor gesammelten Pflanzen aus. Nur in einzelnen Fällen war eine Verspätung zu verzeichnen — bis gegen 12 Uhr Mittags. Da das Ausschwärmen offenbar durch Beleuchtung begünstigt oder gar veranlasst wird, kann man durch Ver-

---

1) Flora 1897, S. 398.

2) Mittheil. d. zool. Stat. Neapel Bd. II (1881) p. 401.

3) Flora 1897, S. 415.

4) Sauvageau, La copulation isogamique de l'Ectocarpus siliculosus, est-elle réelle? Mém. de la soc. des sc. nat. et math. de Cherbourg T. 30.

dunkelung (oder starke Beschattung) und spätere Belichtung den Austritt der Schwärmer ziemlich erheblich verschieben, also auf spätere Tagesstunden verlegen.

Algen, welche Morgens etwa zwischen 8 und 9 Uhr in die Station gebracht wurden, entleerten in kürzester Zeit reichliche Mengen von Schwärmern und konnten mit fast noch besserem Erfolg verwandt werden als die mehrere Tage alten Culturen.

Die aus zwei verschiedenen Culturen, also auch von zwei differenten Individuen stammenden Schwärmer wurden dann zur Beobachtung im hängenden Tropfen durch eine Pipette vereinigt.

Das Zusammenbringen verschiedenartiger Sporangien in der feuchten Kammer ist natürlich auch von Erfolg begleitet. Doch vermag ich für diesen speciellen Fall dem Verfahren keinen besonderen Vorzug mehr zuzuerkennen.

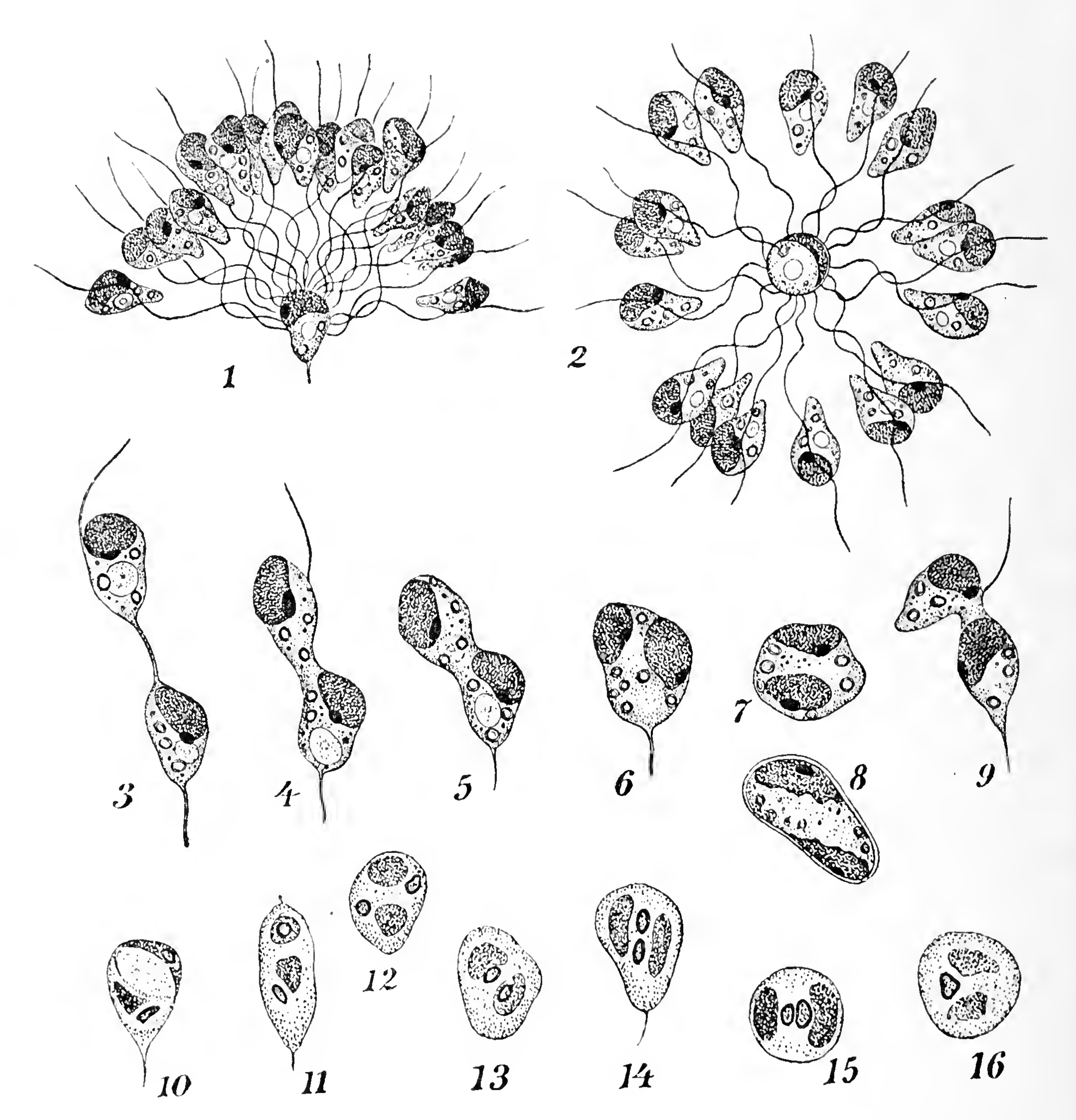
Jedenfalls ist es — gutes und geeignetes Material vorausgesetzt — nicht nöthig, nach Sauvageau'scher Vorschrift in aller Frühe bei der Lampe Dämmerschein zu beobachten. Die Copulationen gehen fast immer glatt bis in die Mittagsstunden. Ja, häufig empfiehlt es sich, wenn man z. B. den Akt sicher demonstriren will, die Schwärmer nicht sofort nach dem Austritt aus den Sporangien zu vereinigen, sondern einige Zeit zu warten. Denn namentlich in der „feuchten Kammer" zeigt es sich ganz evident, dass die Copulationsneigung der Gameten bei der Geburt noch minimal ist, dass die Sexualität aber mit dem Alter sich steigert, so etwa, dass sie 2—3, vielleicht auch mehr Stunden nach dem Ausschlüpfen am grössten ist.

Die Formalitäten des Sexualaktes von Ect. siliculosus sind seit Berthold's Untersuchungen bekannt. Ich gebe zu Berthold's Bildern noch einige eigene und hebe in Bestätigung der Berthold-schen Angaben Folgendes hervor.

Vermengt man die Schwärmer aus zwei geeigneten Culturen, einer männlichen und einer weiblichen, so setzen sich die weiblichen einigermaassen rasch fest, die Männer bleiben länger in Bewegung. Ein Theil derselben sammelt sich um das Ei und zwar in geringer Zahl, wenn nur wenige männliche Schwärmer zugegen, in ganzen Schaaren aber, wenn diese reichlich vertreten sind, — und so ist es meistens. Berthold hat das ja hübsch abgebildet. (Fig. 1.)

Freilich hat die Sache gelegentlich ein etwas anderes Aussehen. Setzen sich die Weibchen am Tropfenrande fest, so trifft Berthold's Zeichnung genau zu, in anderen Fällen aber haftet die Cilie des weiblichen Gameten an Partikelchen etc., welche an der Wölbung

des Tropfens hängen. Dann erkennt man das Ei von oben als kreisrunde Zelle, welche von einem riesigen Kranz radial gerichteter Schwärmer umgeben wird. (Fig. 2.) Die Bewegungen letzterer sind gelegentlich so energisch, dass das Ei von seiner Stelle losgerissen wird.



Ectocarpus siliculosus.
1. Weiblicher Schwärmer von vielen Männchen umgeben, von der Seite gesehen (n. Berthold). — 2. Derselbe von oben gesehen. — 3—7 u. 9. Verschiedene Stufen der Verschmelzung nach lebenden Objecten (n. Berthold). — 8. Keimling nach 24 Stunden. — 10—16. Fixirtes und gefärbtes Material: Vereinigung der Zellkerne.

Nur einer (oder ausnahmsweise zwei) von den männlichen Schwärmern vereinigen sich bekanntlich mit dem Weibchen und es ist sehr lustig anzusehen, wie nach einiger Bewegung der ganzen Schwärmermasse sich plötzlich einer von ihnen dem Ei nähert, während fast momentan alle übrigen von dannen ziehen.

Die Verschmelzung beider Gameten kann an jeder beliebigen Körperstelle Platz greifen. Berthold deutet das an (Fig. 9), doch gewinnt man aus seinen Bildern leicht den Eindruck, als ob das Hinterende des Eies die bevorzugte Copulationsstelle sei. Ich glaube, das ist nicht der Fall. Besonders an den mehr freiliegenden weiblichen Gameten finde ich nichts, was auf bevorzugte Copulationsstellen hinweisen könnte, und wenn am Rande des Tropfens die Vereinigung in der skizzirten Weise statt hat, so halte ich das für eine Platzfrage. Das Männchen kann dort, wo die Spitze des Weibchens zwischen Glasplatte und Wasserfläche keilförmig eingeklemmt ist, wohl kaum an das Vorderende hingelangen.

Nach der Berührung beider Gameten erscheint natürlich die junge Zygote zunächst unregelmässig, rundet sich aber in kürzester Zeit ab, und saugt sich, wohl unter geringer Abflachung, am Substrat etc. fest. Bald folgt auch die Membranbildung. Schon Berthold zeigte, dass an Stelle der beiden Kerne, die ursprünglich vorhanden sind, nachher ein einziger tritt. Meine Figuren 10—16 ergeben die Verschmelzung. Es ist leicht ersichtlich, dass zunächst, auch nach Beseitigung der trennenden Schicht, noch die Plasmamassen neben einander liegen (Fig. 10 u. 11). Darauf beginnt in Zusammenhang mit der Abrundung eine Verschiebung sowohl der Chromatophoren als auch der Kerne; die ersteren werden mehr an die Peripherie gebracht, die Kerne rücken gegen die Mitte (Fig. 13—15), sie lagern sich aneinander (Fig. 15) und vereinigen sich schliesslich, wie kaum anders zu erwarten war (Fig. 16).

Der aus der Vordercilie gebildete Fuss dürfte nicht eingezogen werden, sondern wohl, wie in so manchen anderen Fällen, zu Grunde gehen.[1]) Wenigstens finde ich dies Organ noch ziemlich lange, auch dann, wenn die Membran bereits gebildet ist.

Die Kernverschmelzung erfolgt bisweilen sehr rasch, in anderen Fällen etwas langsamer. Zygoten, welche Vormittags zwischen 10 und 11 Uhr gebildet waren, besassen Abends um 10 Uhr fast alle nur einen Kern. Aber einerseits waren bereits um 1—2 Uhr Mittags manche vereinigt, andererseits zeigten einige Zygoten noch am folgenden Morgen zwei Kerne, von welchen ich nicht annehmen kann, dass sie durch Theilung aus einem entstanden seien. Diese verzögerte Kernverschmelzung dürfte ihren Grund in der Tropfencultur haben.

1) Vgl. Rothert, Ber. d. D. bot. Ges. 1894. 12, 269.

Ich bin überzeugt, dass im Freien bereits am Abend alle Kerne der Zygoten sich vereinigt haben.

Berthold's Angabe, dass sich die Chromatophoren nicht vereinigen, kann ich bestätigen und finde auch keine Anzeichen dafür, dass einer derselben zu Grunde ginge, wie Chmielewsky das für Spirogyra angibt.

Etwa 24 Stunden nach der Copulation erfolgt die Keimung der Zygoten (Fig. 8), die dann zu normalen Pflänzchen heranwachsen, wie Berthold richtig beschrieben hat.

In weiterer Uebereinstimmung mit Berthold fand ich Exemplare, deren Schwärmer nicht unter sich, wohl aber mit denen anderer Individuen copulirten. Unter Berücksichtigung der Formalitäten beim Sexualakt selber hat Berthold demnach zweifellos Recht, wenn er nicht bloss männliche und weibliche Gameten, sondern auch gleichnamige Individuen unterscheidet. Ich habe nun noch nach Unterschieden in Grösse, Wuchs etc. der männlichen und weiblichen Individuen, der Gametangien und auch der Schwärmer gesucht, aber nichts Derartiges gefunden — ebenso wenig wie andere Beobachter. Das ändert natürlich an der Berthold'schen Auffassung nichts, physiologisch sind trotzdem Eizellen und Spermatozoiden vorhanden.

Nach dem Gesagten würde Ect. siliculosus zweihäusig sein. Es kommen aber zweifellos auch monöcische Individuen, resp. Rassen, Formen etc. vor. Berthold selbst fand ab und zu solche Exemplare und ich beobachtete die Monöcie gar nicht selten. Sie fiel besonders an Pflanzen auf, welche an der Sta. Lucia gesammelt waren. Freilich wird man mit der Beurtheilung solcher Dinge sehr vorsichtig sein müssen. Auch wenn man die Rasen sorgfältig vom Substrat loslöst, ist man niemals sicher, dass sich nicht zwei Exemplare unmittelbar neben- oder gar aufeinander entwickelt haben.

Soweit ich sehe ist die Zahl der männlichen Individuen resp. Gametangien grösser als die der weiblichen — eine Erfahrung, die ja für andere Pflanzen nicht neu ist.

Doch ist wohl hervorzuheben, dass dieser Fall nicht immer und vor allem auch nicht bei allen Ectocarpeen realisirt sein dürfte. Ein lehrreiches Beispiel liefert in dieser Beziehung Ect. secundus.[1]) Derselbe ist wohl meist monöcisch, aber zweifellos treten (nach Sauvageau) zu gewissen Zeiten die Spermatozoiden stark zurück oder schwinden ganz, und damit wird dann Parthenogenesis eingeleitet.

1) Sauvageau, Observations relatives à la sexualité des Phéosporées. Journal de botanique 1896—97.

Weshalb wurde nun die Copulation des Ectocarpus von so vielen Beobachtern so oft vergeblich gesucht? Kaum wegen des Ungeschicks der Autoren oder wegen der Methode, welche in Anwendung kam. Die letztere war ja fast immer die gleiche, wenigstens was mich selbst betrifft. Zudem hätte ich zum mindesten die Zygoten an den Wänden der Gefässe, die ich stets revidirte, und die Keimungsprodukte dort finden müssen. Beide sind an den zwei Chromatophoren und an den Augenflecken, die recht lange persistiren, unschwer erkennbar.

Die Sache liegt auch nicht unmittelbar an der Behandlung der Algen in der Cultur, denn ich konnte die Ectocarpusrasen einige Wochen in kleinen Gefässen sehr wohl erhalten — theils mit, theils ohne Zusatz frischen Wassers — und ich verfolgte auch gelegentlich an solchen Exemplaren die Copulation noch nach 14 Tagen, wenn sie auch nicht mehr in der Massenhaftigkeit wie zu Anfang einsetzte.

Auch Hemmungen der Copulation durch irgendwelche Beeinflussung der bereits ausgetretenen Gameten konnte ich nicht mit Sicherheit erkennen, wenn auch bisweilen Verzögerungen eintraten, für welche einen Grund ausfindig zu machen ich nicht in der Lage war. Demnach schliesse ich: hat man die richtigen Pflanzen und die richtigen Schwärmer, so geht die Copulation. Diese so gearteten Schwärmer sind aber nicht zu allen Zeiten vorhanden, sondern es gibt, worauf Berthold bereits hinwies[1]), neben den Gameten massenhaft und reichlich „neutrale“ Schwärmer, die ebenfalls aus plurilocularen Sporangien stammen. Gerade hierüber versuchte ich etwas weiteren Aufschluss zu erhalten und glaube Folgendes feststellen zu können:

Die Grösse der aus den plurilocularen Sporangien hervorgehenden Schwärmer differirt nicht unerheblich, die grössten sind um $^1/_3$ länger als die kleineren, und während die letzteren meist regelmässig umgrenzt und birnförmig erscheinen, sind die kleinen mehr spindelförmig und haben unregelmässige Konturen (Berthold zeichnet das ganz richtig; vgl. Fig. 1). Die kleinen Schwärmer fahren sehr rasch, fast nervös umher, während die grossen ruhiger und bedächtiger ihre Kurse steuern, und schliesslich sind beide auch etwas verschieden lichtempfindlich. In grösseren Gefässen war das weniger deutlich; in Hängetropfen aber wanderten die kleinen gegen den Fensterrand, die

---

1) Flora 1897, pag. 424.

grossen gegen das Zimmer. Das geschah bei bedecktem Himmel und mässiger Wärme; besonders Nachmittags, wenn helle Sonne gegen die Zimmerfenster schien, begaben sich fast alle beweglichen Zellen an die Zimmerseite des Tropfens, der immer ziemlich flach war.

Nach einiger Uebung und Beobachtung vermochte ich die grossen und kleinen Schwärmer zu unterscheiden und konnte meistens im Voraus sagen, was aus ihnen wird. Die grossen bewegen sich nur kurze Zeit, setzen sich dann fest und keimen rasch; die kleinen bleiben lange beweglich und copuliren absolut prompt, wenn sie richtig vereinigt werden. Dazu ist ihre Keimfähigkeit ohne Copulation sehr gering, fast gleich Null.[1])

Die Sache wäre nun sehr einfach, wenn es damit sein Bewenden hätte, aber leider ist dem nicht so; es gibt mancherlei Uebergänge. Nicht bloss ist die Theilung in positiv und negativ phototaktische Schwärmer häufig etwas verwischt, sondern es copuliren auch bisweilen relativ grosse Schwärmer u. s. w. Trotz der mancherlei Uebergänge und Abstufungen der sexuellen Eigenschaften bleiben aber die Extreme deutlich erkennbar.

Exemplare, welche typische und sicher copulirende Gameten ausschliesslich enthalten, fand ich nicht häufig, meistens sind nicht copulirende — nennen wir sie mit Berthold neutrale — Schwärmer mehr oder weniger beigemengt. Das fand schon Berthold. Und Sauvageau[2]) dürfte Exemplare vor sich gehabt haben, die neben vielen neutralen nur sehr wenige Gameten producirten. Ich meinerseits habe fast alle Mischungen vor mir gehabt, und zwar von Anfang März bis über die Mitte des April 1898 hin derart, dass mir im März die Gameten, späterhin die neutralen Schwärmer zu überwiegen schienen.

Berthold hat denn auch bereits angedeutet, dass zu anderen Zeiten, demnach auch wohl unter anderen Bedingungen, nur die neutralen Schwärmer vorhanden sind, und nur diese letzteren dürfte ich im Jahre 1896 vor mir gehabt haben, ebenso wie andere Beobachter, welche keine Copulation nachweisen konnten.

Das ist um so wahrscheinlicher, als ich bei keiner anderen Phaeosporee um die gleiche Zeit Copulationen wahrnahm, obgleich ich einige andere Ectocarpusarten und ausserdem Scytosiphon wieder-

---

1) Dasselbe bei Berthold, Flora 1897 pag. 423.

2) l. c.

holt und eingehend prüfte. Hier waren immer nur die langsam beweglichen, rasch keimenden und neutralen Schwärmer zu verzeichnen und weiter nichts.

Nun war es natürlich erwünscht, zu erfahren, unter welchen Bedingungen die neutralen Schwärmer, unter welchen die Gameten entstehen. Ich habe denn auch eine ziemlich grosse Anzahl von Versuchen in dieser Richtung angestellt, bin aber zu einem abschliessenden Resultat nicht gekommen, weil die Zeit zur Entscheidung solcher Fragen nicht ausreichte.

Im Allgemeinen konnte beobachtet werden, dass bei längerer Cultur in kleinen Gefässen die Neigung zur Gametenbildung abnimmt, dass statt dessen aber neutrale Schwärmer auftreten. Immerhin geht die Sache langsam; noch nach 14tägiger Cultur wurde Copulation wahrgenommen, wie schon oben hervorgehoben. Die sexuellen Pflanzen verlieren ihre Eigenschaften also nicht so ohne Weiteres. Da ferner die neutrale Schwärmer produzierenden Pflanzen in keinem mir bekannten Falle durch die Cultur konnten zu sexuellen herangezogen werden, so wird man annehmen dürfen, dass die fraglichen Eigenschaften schon von langer Hand her vorbereitet sind. Freilich wird man sich dagegen sträuben, anzunehmen, dass bereits im Keim die Ausprägung der Sexualität gegeben sei. Sind die Erfahrungen auch unvollkommen, so zeigen sie doch mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass die Umgebung bestimmend einwirkt, d. h. dass in der freien Natur Wärme und Licht oder Schatten das Nöthige leisten.

Ist das richtig, so wird auch leicht verständlich, dass nur zu bestimmten Zeiten die Sexualität gefunden wird, wenn nämlich alle sie bedingenden äusseren Umstände zusammentreffen. So wäre es auch denkbar, dass sie in weiten Meeresregionen überhaupt nicht anzutreffen ist. Kommen solche Verhältnisse doch sogar bei Cutleria vor (s. unten).

Im Einzelnen zeigten die Culturen sehr viele Abweichungen, „Launen“, die das Urtheil eminent erschwerten. Schon der Umstand, dass nicht täglich Schwärmerei beobachtet wurde, hemmte die Beobachtung; dazu kam, dass mehr als einmal sexuelle Pflanzen vorübergehend nicht copulirende Schwärmer aufwiesen. Alles das machte die Resultate der angestellten Experimente höchst unsicher.

Eine Erwärmung der Culturen während einiger Tage auf 28—30° hob die Bildung von Schwärmern fast auf. Nach Abkühlung auf Zimmertemperatur (15—20°) kamen einige Male specifisch neutrale Schwärmer zur Beobachtung, aber nach einem Aufenthalt

von mehreren Tagen im Zimmer begann die Copulation von Neuem.

Erwärmung auf 22—25° machte keinen nachweisbaren Eindruck.

Verdunkelung hemmt den Austritt von Schwärmern überhaupt und deshalb ist sie, wie bereits erwähnt, ein bequemes Mittel (innerhalb gewisser Grenzen), die Copulation auf eine gewünschte und für die Beobachtung geeignete Tagesstunde zu verlegen.

Starke Beschattung leistet annähernd das Gleiche.

Liess ich diese einige Tage andauern und brachte ich dann die Culturen in helleres Licht in die Nähe des Fensters, so entstanden in der Regel zunächst neutrale Schwärmer, nach einigen Tagen wurden wieder Gameten bemerkbar, die auch vorher gebildet worden waren. Da die Versuche indess nicht übermässig zahlreich waren, kann ich leider keinen grossen Werth auf dieselben legen; um so weniger, als auch nicht beschattete Culturen, wie bereits erwähnt, bisweilen plötzlich neutrale Schwärmer zeitigten. Die Sache bedarf näherer Prüfung durch Beobachter, welche dauernd — mindestens aber für eine Vegetationsperiode — an der See verweilen können.

Aus dem Formenkreise des Ect. siliculosus erhielt ich in meinen Culturen Pflanzen von 1/2—1 cm Höhe, welche nach drei Wochen pluriloculäre Sporangien producirten. Solche Formen sind wohl am besten brauchbar, da sie sich auch in toto vom Glase abheben und dann im Hängetropfen beobachten liessen.

Freilich wird es bei dieser Species ganz besonders, wahrscheinlich aber auch bei anderen Ectocarpus, nothwendig sein, das Culturwasser vorher durch Thon- oder Kieselfilter gehen zu lassen, weil sonst immer andere, nicht gewollte Formen auftreten, deren Keime im Seewasser schwimmen.

Die vorstehenden Angaben enthalten ja nicht viel Neues, und ich publicire sie hauptsächlich, um meine früheren, abweichenden Auffassungen zu berichtigen.

Nachdem nun aber Berthold's Angaben eine, wie ich glaube, einwandfreie Bestätigung erfahren haben, und auch Kuckuck[1]) die Paarung bei Scytosiphon, Berthold's Angaben gemäss, beobachtete, ist es immerhin möglich, sich eine gewisse, wenn auch lückenhafte Vorstellung von den Sexualverhältnissen der Ectocarpeen zu machen.

Unseren verschiedentlichen Angaben stehen bislang Goebel's[2])

1) Ber. d. D. bot. Ges. 1898, pag. 35.

2) Botan. Zeitg. 1878, pag. 177.

anders lautende gegenüber. Obwohl ich den von ihm bearbeiteten Ect. globifer vor mir hatte, konnte ich keine Copulation wahrnehmen. Die Schwärmer aus pluriloculären Sporangien keimten glatt. Wahrscheinlich aber sind sie, nach unserem früheren Ausdruck, neutral und beweisen deshalb nichts gegen Goebel.

Wenn nun Berthold[1]) Goebel's Resultate für unwahrscheinlich erklärt hat, so kann ich dem nicht so ganz beipflichten. Die Angaben sind so bestimmt gehalten, dass man sie wohl nur auf Grund neuer Beobachtungen bestreiten darf — und solche liegen für die untersuchte Species nicht vor. Nachdem aber Sauvageau in der bereits citirten Arbeit zeigte, dass Ectocarpus secundus mit grösster Deutlichkeit Eier und Spermatozoiden unterscheiden lässt, während Wuchs, Verzweigung u. s. w. in nichts von Ect. siliculosus etc. abweicht, wäre doch sehr wohl denkbar, dass andere, niedriger stehende Ectocarpeen eine völlig isogame Befruchtung aufweisen.

Dann hätten wir unter den Phacophyceen eine fast continuirliche Reihe, welche von den einfachsten Ectocarpus-Arten zu den Fucaceen aufsteigt.

Wir sahen schon oben, dass es männliche und weibliche pluriloculäre Sporangien geben müsse, mögen diese nun auf demselben oder auf verschiedenen Individuen entstehen, daneben aber müssen vorhanden sein neutrale pluriloculäre Sporangien, und die Frage wäre jetzt, ob man namentlich die letzteren nicht von den sexuellen unterscheiden könne. Ich habe vergebens gesucht. Zwar sind ja die neutralen Schwärmer meistens etwas grösser als die Gameten, aber die Sporangien, welche sie erzeugen, liessen Grössenunterschiede mit Sicherheit nicht wahrnehmen, und so bleiben nur physiologische, nicht direct sichtbare Merkmale übrig.

Trotzdem muss man bei Ectocarpus siliculosus folgende Fortpflanzungsorgane unterscheiden:

I. Uniloculäre Sporangien.

II. Pluriloculäre Sporangien:

a) Gametangien { männl. / weibl.

b) Neutrale pluriloc. Sporangien.

Diese Gruppirung würde man vielleicht für zu scharf und künstlich halten, wenn es sich nur um Ect. siliculosus handelte, allein zweifellos stimmen ja viele andere Ectocarpus-Arten, sodann Scytosi-

---

1) l. c.

phon und wohl noch mehr Formen hiermit überein. Dazu kommt aber, dass mehrere Ectocarpus-Species direct diese Unterscheidung fordern. Sauvageau wies für Ect. Padinae drei von ihm wohl und sicher unterschiedene Sorten pluriloculärer Sporangien nach.[1]) Ect. Padinae gehört unverkennbar in die Gruppe des Ectocarpus secundus, an welchem schon früher Antheridien und Oogonien entdeckt wurden. Sauvageau zeigte dann experimentell, dass thatsächlich die grossen Schwärmer aus den Oogonien des Ect. secundus durch die kleinen aus den Antheridien befruchtet werden, fast genau wie bei Cutleria. Unverkennbar haben wir auch bei Ect. Padinae Gametangien, welche deutlich als männliche und weibliche unterscheidbar sind; die dritte Sporangienform ist dann völlig zwanglos als neutrale pluriloculäre zu deuten.

An Ect. virescens entdeckte Sauvageau ebenfalls zwei Formen pluriloculärer Sporangien, welche er Meio- und Megasporangien nennt[2]) und ganz ähnliche nahm er neuerdings an Myrionema wahr.[3]) Man wird geneigt sein, diese Sporangien für männliche und weibliche Gametangien von verschiedener Grösse zu halten. Das ist möglich, aber nicht nothwendig. Die Produkte beider Sporangien keimen sofort glatt, und deshalb ist es mir wahrscheinlicher, dass die Meiosporangien neutrale Schwärmer bilden, die Megasporangien aber Oogonien sind, deren Produkte parthenogenetisch keimen können. Antheridien sind an Ect. virescens bislang nicht gefunden, ob sie ganz fehlen, muss dahin gestellt sein. Leider kennen wir ja immer nur Bruchstücke aus dem Entwickelungskreise einer Ectocarpus-Art, und fast jeder neue Aufenthalt aufmerksamer Beobachter an der See bringt noch neue Formen und neue Fortpflanzungsorgane zum Vorschein. Hier muss man einfach weitere Entscheidungen von der Zukunft erwarten; besonders dann, wenn es einem Beobachter ermöglicht würde, mindestens für eine Vegetationsperiode am geeigneten Ort alle auftauchenden Formen genau zu prüfen.

So würde man vielleicht auch über den Ect. Hincksiae[4]) Klarheit erlangen, der mir ebenfalls in dem angedeuteten Sinne verdächtig ist. Er findet seinen Platz neben Ect. secundus, hat Antheridien und ausserdem pluriloculäre Sporangien, die ich für neutrale halten möchte. Oogonien fehlen bislang.

1) Sur la sexualité des Phéosporées. Journ. de bot. 1896—97.
2) Journ. de bot. T. X. 1896.
3) Sur quelques Myrionemées. Ann. sc. nat. bot. 8 sér. t. 5, 1.
4) Vergl. Sauvageau l. c.

Wie mögen nun die verschiedenen Sporangienformen enstanden sein? Man wird annehmen können, dass die ältesten Ectocarpeen in pluriloculären Sporangien Schwärmer erzeugten, welche isogam copulirten — oder auch direct keimten, etwa so wie Klebs das für Ulothrix und für Protosiphon gezeigt hat. Wenn diese Halbgameten sich nun im Lauf der Entwickelung weiter differenzirten, so konnten einerseits sich solche herausbilden, welche ohne Copulation nicht mehr entwickelungsfähig sind, andererseits aber konnten sie zurückschlagen, gleichsam in Exgameten, d. h. neutrale Schwärmer, welche nicht mehr copulationsfähig sind. Dieser Fall liegt bei Ect. siliculosus, wenn auch nicht ganz rein, vor, denn wir fanden neben den deutlich unterscheidbar Extremen noch mancherlei Zwischenstufen.

Der Unterschied zwischen Männchen und Weibchen ist zwar bei Ect. siliculosus deutlich, er bildet sich aber bei Ect. secundus, Lebelii, Ect. Padinae etc. viel weiter heraus, indem Spermatozoiden und Eier durch Grösse und Bau erkennbar werden. Deshalb darf man aber auch weiterhin annehmen, dass die asexuellen Schwärmer in dieser Gruppe völlig scharf differenzirt sind, dass sie mit sexuellen wenig mehr gemein haben und nicht mehr leicht und ohne weiteres in solche umschlagen können.

Damit wäre aber wahrscheinlich gemacht, dass sich in der Phaeosporeengruppe asexuelle Schwärmer herausbildeten, die mit den Zoosporen der uniloculären Sporangien phylogenetisch nichts zu thun haben.

Mit der durch unser Schema (pag. 95) gekennzeichneten Mannigfaltigkeit ist die Fortpflanzung der Ectocarpeen noch nicht erschöpft, sondern, wie die bereits citirten Untersuchungen von Sauvageau nachweisen, kommt bei den Ectocarpeen aus der Secundus-Gruppe Parthenogenesis zu bestimmten Zeiten fast als Regel vor. Die Antheridien verschwinden gegen den Herbst hin fast vollständig und die Eier keimen glatt, ohne Befruchtung. Eine solche Erscheinung hat Thuret schon früher auch bei Cutleria beobachtet[1]), und neuerdings hat Church[2]) die Angaben Thuret's vollauf bestätigt. Besonders gegen den Herbst hin fehlen an den englischen und französischen Küsten die Antheridien vollständig, trotzdem keimen die Eier leicht und rasch.

Sind aber solche Fälle zweifellos in verschiedenen Gruppen nicht selten, so wäre es auch leicht verständlich, dass die Antheridien ge-

1) Etudes phycologiques pag. 23.

2) The Polymorphy of Cutleria multifida. Ann. of bot. 12, 75.

wisser Species völlig verloren gehen. Ein sicherer Fall dieser Art ist bislang nicht bekannt und ist kaum definitiv nachweisbar, denn auch bei tausendfach wiederholtem negativem Befund wird man immer einwenden können, dass Antheridien wohl noch möchten aufgefunden werden. Einem solchen Fall kommt vielleicht der Ect. virescens nahe, den wir bereits oben erwähnten.

Die Mannigfaltigkeit des Fortpflanzungsmodus geht aber bei den Ectocarpeen noch weiter, denn manche Species neigen mehr oder weniger zur Bildung von Aplanosporen. Einzelheiten darüber sehe man bei Sauvageau nach. Sowohl aus uni- wie aus pluriloculären Sporangien vermögen die zur Schwärmerbildung bestimmten Zellen direct auszukeimen, und von solchen Fällen bis zur lebhaften Bewegung der Fortpflanzungsorgane gibt es hinreichende Uebergänge.

Von diesen Fällen nun zu einer anderen Gruppe, nämlich zu den Tilopterideen hinüber zu springen, ist wohl etwas kühn, immerhin mag es gewagt werden, da auch Sauvageau sich kürzlich für einen engeren Anschluss der Tilopterideen an die Ectocarpeen ausgesprochen hat[1]) und zwar auf Grund seiner Befunde an Ect. pusillus (= Acinetospora pusilla). Die genannte Species zeigte schon lange uniloculäre und pluriloculäre Sporangien, jetzt aber muss sie auf Grund der neu entdeckten grossen Monosporen zu den Tilopterideen gezogen werden. Ich glaube nun Sauvageau zustimmen zu müssen, wenn er hervorhebt, dass die Monosporen nicht, wie Reincke u. a. wollen, als Eier dürfen betrachtet werden. Sie sind jedenfalls wegen einer von Anfang an vorhandenen dünnen Membran nicht befruchtungsfähig, sind wahrscheinlich vegetative Fortpflanzungsorgane. Sauvageau bringt sie in Parallele mit den Brutknospen der Sphacelarien; das ist möglich. Man könnte aber auch daran denken, die Monosporen von den uniloculären Sporangien abzuleiten, indem man berücksichtigt, dass ohnehin bei vielen Species die Neigung zur Aplanosporenbildung besteht. Das Vorhandensein mehrerer Kerne, welche Reincke demonstrirte[2]), wäre leicht verständlich, wenn man die Akineten der Tilopterideen als Produkte unvollkommener oder unterbliebener Theilung eines uniloculären Sporangiums auffasste. Auch die Stellung derselben scheint mir nicht gegen eine solche Meinung zu sprechen.

Die Consequenz der vorgetragenen Meinung wäre — in Uebereinstimmung mit Sauvageau —, dass pluriloculäre Sporangien auch bei den Tilopterideen sexuelle Eigenschaften besässen. Experimentell

1) Comptes rendus 126, 1581.

2) Fragment a. d. Naturgesch. der Tilopherideen. Bot. Ztg. 1889 pag. 126.

nachgewiesen ist davon nichts, aber das Vorhandensein von unverkennbaren Antheridien bei gewissen Formen, der Nachweis grösserer pluriloculärer Sporangien bei anderen lässt immerhin die Möglichkeit offen, durch einen glücklichen Zufall in dieser Richtung die vorhandenen Lücken auszufüllen.

Nach dem oben Ausgeführten würde schliesslich eine bunte Schaar verschiedenster Fortpflanzungsorgane bei den Ectocarpeen und ihren Verwandten vorkommen können, die an Mannigfaltigkeit den verschiedenen in dieser Richtung bekannten Pilzen nichts nachgibt. Und für möglich halte ich theoretisch an ein und derselben Species von Ectocarpus oder Tilopteris etc.:

I. Uniloculäre Sporangien, welche bilden:
- a) normale Zoosporen;
- b) Aplanosporen;
- c) Monosporen (Akineten). (?)

II. Pluriloculäre Sporangien, welche bilden:
- a) Gameten:
  - α) normale männliche und weibliche;
  - β) parthenogenetische;
  - γ) Aplanosporen (?);
- b) neutrale Schwärmer:
  - α) normale;
  - β) Aplanosporen.

Alles das wird in Wirklichkeit kaum jemals beisammen vorkommen, aber das Schema kann vielleicht die Möglichkelt zu einer bequemeren Informirung geben. Was im einzelnen Fall realisirt ist, hängt ab von den erblich gewordenen Eigenthümlichkeiten der Species einerseits, von den Einwirkungen der Aussenwelt andererseits. Das letztere darf wohl betont werden, denn gerade bei den Ectocarpeen und den Phaeophyceen überhaupt wird man sich darauf gefasst machen müssen, in einem Meeresabschnitt nur die eine, im anderen nur die andere Fortpflanzungsform zu finden. — Cutleria kann das demonstriren.

Die bunten Sexual- und Fortpflanzungsverhältnisse der Ectocarpeen einerseits, die vielfachen, noch vorhandenen Lücken andererseits, haben mich gereizt, in mancherlei Erwägungen weiter zu gehen, als es das Thatsachenmaterial vielleicht erlaubt. Allein bei der Lückenhaftigkeit unseres Wissens, das hier wahrscheinlich auch in Zukunft immer nur wird geflickt werden, schien mir der Versuch gerechtfertigt, die Dinge einmal übersichtlich zu ordnen, selbst auf die Gefahr hin, dass neue Entdeckungen die vorstehenden Erörterungen über den Haufen werfen.

Ueber einige Pilzgallen an Farnen.

Von
Dr. K. Giesenhagen in München.

In meiner Arbeit über die Entwickelungsreihen der parasitischen Excoasceen[1]) habe ich die Ansicht ausgesprochen, dass die von Johanson beschriebene Taphrina filicina, welche auf Aspidium spinulosum wächst, nicht auf die skandinavische Halbinsel beschränkt sei. Ich glaubte den Pilz auf einem von Baldacci in Albanien gesammelten Farne, welcher als Aspidium spinulosum bestimmt im Münchener Herbarium lag, wieder aufgefunden zu haben und vermuthete danach, dass das Verbreitungsgebiet dieser Form ein ziemlich ausgedehntes sei und dass der Pilz wahrscheinlich noch an manchen Orten bisher übersehen worden sei. Trotz jahrelangen eifrigen Suchens gelang es mir indessen bisher nicht, den Pilz in der einheimischen Flora nachzuweisen, obgleich besonders in den Voralpen Oberbayerns, die ich auf zahlreichen Excursionen nach allen Richtungen durchstreifte, das Aspidium spinulosum zu den gewöhnlichsten Erscheinungen gehört. Vor Kurzem gelangte ich indes durch einen glücklichen Zufall zu neuem Untersuchungsmaterial, welches mit dem von Baldacci in Albanien gesammelten identisch war. Unter den Exemplaren von Aspidium pallidum, welche für die demnächst erscheinenden Centurien des Herbarium Siculum des Herrn Dr. Ross auf Sicilien und zwar an mehreren Stellen in der Umgebung von Palermo gesammelt worden waren, befand sich eine grössere Anzahl von Wedeln, die an einzelnen Fiederchen auf beiden Blattseiten braune Wucherungen zeigten, welche, wie die mikroskopische Untersuchung mit Sicherheit ergab, Pilzgallen darstellten. Die Gallen, welche gelegentlich auch an der Rhachis auftreten, waren in allen untersuchten Fällen durch Wucherung der Epidermiszellen entstanden. Auf der Blattunterseite waren alle epidermalen Gebilde wie Sporangien und Indusien mit in die Missbildung eingezogen. Nur die Schliesszellen der Spaltöffnungen schienen nicht in die abnorme Zelltheilung mit eingetreten, sondern in dem Zustande erhalten zu sein, in welchem sie sich zur Zeit der Infection befanden. In den

1) Flora, 1895. Ergänzungsband.

Querschnittpräparaten trat die Grenze zwischen der deformirten Epidermis und den völlig intakten Mesophyllzellen ohne Weiteres deutlich hervor. Die Zellen des Pilzes waren nur zwischen Cuticula und Cellulosewand der obersten Zellschicht der Wucherungen aufzufinden.

Die Form und Grösse der Pilzzellen, sowie die Ausbildung der Gallen stimmten also bis ins Einzelne genau mit der früher an dem von Baldacci gesammelten Farn beobachteten Pilzbildung überein. Der Umstand, dass hier anscheinend der nämliche Pilz auf zwei verschiedenen Nährpflanzen, Aspidium spinulosum und Aspidium pallidum, gleiche Missbildungen veranlasst, schien mir mit meinen Beobachtungen an anderen Arten von Taphrina und mit den allgemeinen Sätzen, welche ich in meiner obencitirten Arbeit über die Entwickelungsreihen der parasitischen Exoasceen daraus abgeleitet habe, nicht gut vereinbar und veranlasste mich zu erneuter Untersuchung der in Frage kommenden Fälle.

Das wichtigste Ergebniss dieser Untersuchung ist, dass der aus Albanien stammende Pilz und der mit ihm identische aus Sizilien gar nicht die Taphrina filicina Rost. ist, sondern einen neuen bisher nicht beschriebenen Pilz darstellt, den ich als Taphrina fusca bezeichnen will. Der auffälligste Unterschied zwischen der Taphrina fusca und der Taphrina filicina ist in der durch die Pilzinfection an der Wirthspflanze hervorgerufenen Veränderung wahrnehmbar. Taphrina fusca erzeugt massive, fleischige Gallen, Taphrina filicina ruft blasige Auftreibungen der Blattfläche hervor. Johanson sagt in seiner Beschreibung: Myceliet växer emellan cuticulan ach epidermiscellarne samt åstad kommer små rundade blåsor, hvilkas starkt konvexa öfversida vanligen är belägen på bladets öfversida men ofta kan vara righad åt undersidan.

Der Vergleich dieser Bemerkung mit dem mir vorliegenden Material aus Albanien, welches ich nach allen Nebenumständen, besonders auch nach der Figur 15 auf Johanson's Tafel, für Taphrina filicina halten musste, veranlasste mich dazu, eine Beschreibung der Gallenbildung auf dem von Baldacci gesammelten albanischen Farn zu geben, welche ich mit der Bemerkung schloss: „Es schien mir wichtig, diese Dinge hier zu erwähnen, weil nach der Darstellung Johanson's und Sadebeck's der Leser leicht die Vorstellung gewinnen könnte, als ob der Pilz nur blasige Auftreibungen der Blätter verursachte, wie sie etwa bei den von Taphrina carnea bewohnten Birkenblättern zu Stande kommen.“ Herr Professor Th.

M. Fries hatte die Güte, mir auf meinen Wunsch das Originalexemplar von Taphrina filicina aus Johanson's im Besitz des botanischen Museums zu Upsala befindlichen Sammlung zur Vergleichung zu senden, und ich kann nunmehr meine obige Bemerkung berichtigend constatiren, dass in der That die echte Taphrina filicina ähnliche blasige Austreibungen verursacht wie Taphrina carnea. Die Angaben Johanson's und Sadebeck's bedürfen also in dieser Hinsicht keiner Korrektur.

Der Umstand, welcher nächst der Undeutlichkeit von Johanson's Figur für mich hauptsächlich Grund zum Irrthum gab, war wohl die falsche Bestimmung des Baldacci'schen Farns. Das kleine und wohl infolge der Pilzbildung schwach entwickelte Exemplar aus der Collection Baldacci's war unter Aspidium spinulosum eingeordnet worden und fiel mir beim Durchsuchen dieser Species nach Taphrina filicina in die Hände. Der dem Farn beigefügte Zettel trägt die Sammlungsnummer 175 und die Standortangabe: „in umbrosis silvarum m. Cepin distr. Kuci." Der Sammler erwähnt den Farn in seiner 1894/95 erschienenen Rivista critica della collezione botanica fatta nel 1892 in Albania unter Nr. 280[1]) und bestimmt ihn als Aspidium aculeatum L. Diese Bestimmung ist wenigstens für die im Münchener Kryptogamenherbar befindlichen Exemplare sicher falsch, denn die Indusien erweisen sich bei genauer Untersuchung als nierenförmig. Mikroskopisch betrachtet erscheinen sie allerdings häufig als schildförmig, weil die Ränder der Einbuchtung ziemlich weit übereinander greifen. Aber auch die Einreihung der Exemplare bei Aspidium spinulosum beruhte auf einem Irrthum. Genaue Untersuchung und Vergleichung lässt keinen Zweifel darüber bestehen, dass der die Pilzgallen tragende Farn aus Albanien nichts anderes als das echte Aspidium pallidum Lk. ist.

Um mit der Bestimmung der Wirthspflanze sicher zu gehen und den Verdacht einer Selbsttäuschung auszuschliessen, habe ich die fraglichen Exemplare dem als Farnsystematiker bekannten Herrn Dr. Christ in Basel vorgelegt und von ihm die volle Bestätigung meiner Bestimmung erhalten.

Es kann also als feststehend betrachtet werden, dass die Taphrina fusca bisher nur auf Aspidium pallidum beobachtet worden ist und dass der Pilz wie seine Wirthspflanze sowohl auf Sicilien als auch in Albanien vorkommt; — ferner, dass Taphrina filicina bisher nur auf

---

1) Malpighia Bd. VIII pag. 300.

Aspidium spinulosum beobachtet worden ist und scheinbar das Verbreitungsgebiet der Wirthspflanze nicht theilt, sondern auf nordische Standorte beschränkt ist. Ausser dem von Johanson citirten Fundort in Dalekarlien ist mir durch gütige briefliche Mittheilungen des Herrn Professor Magnus in Berlin und des Herrn Dr. Klebahn in Hamburg in der letzten Zeit noch ein weiteres Vorkommen bekannt geworden. Herr Lehrer Justus Schmid in Hamburg beobachtete den Pilz in voller Entwickelung an Aspidium spinulosum in Holstein östlich von Kaltenkirchen im Juni dieses Jahres. Belegexemplare für diesen neuen Fund lagen mir gleichfalls durch die Güte der genannten Herren zur Untersuchung vor.

Ich bin durch den Empfang dieses Materials in Stand gesetzt, in der Figur 1 ein Querschnittbild des von Taphrina filicina befallenen

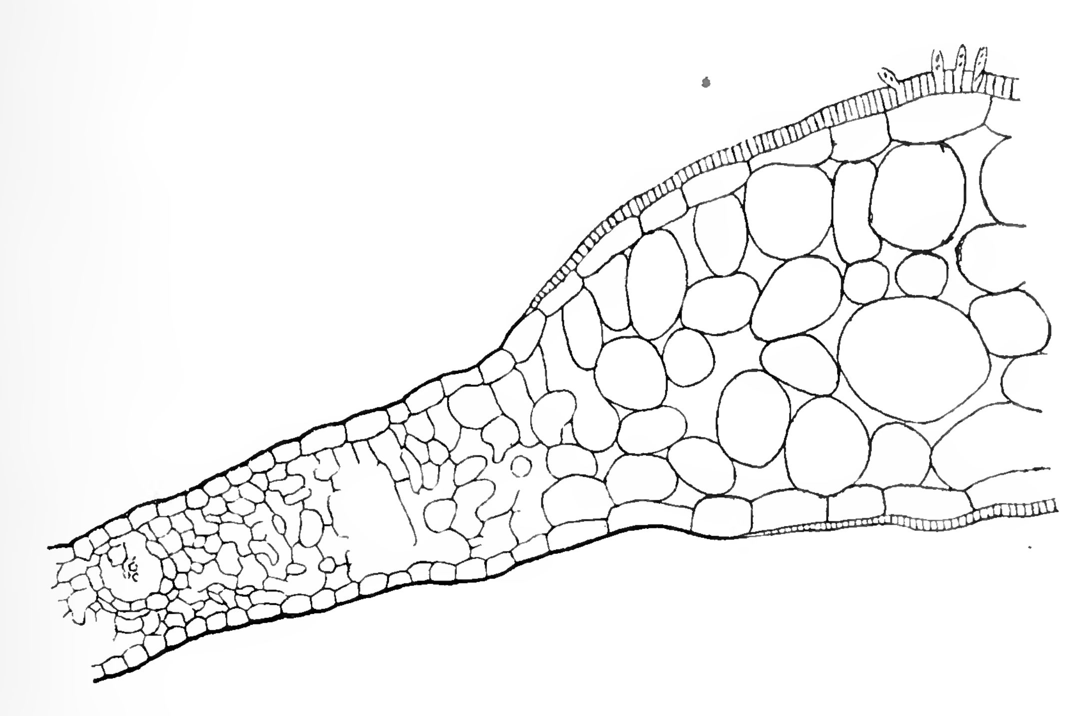


Fig. 1. Querschnitt durch die Pilzgalle, welche von Taphrina filicina an Aspidium spinulosum verursacht wird (85/1).

Farnblattes zu geben, welches von der Randpartie einer durch den Pilz verursachten Auftreibung entnommen ist. Die Abbildung lässt ohne Weiteres erkennen, dass die Auftreibung der Blattlamina verursacht wird durch eine Hypertrophie aller Mesophyllzellen unterhalb der von dem Pilz bewohnten Epidermisstellen. Auch die Epidermiszellen selber sind beträchtlich vergrössert, ohne indes auch nur eine Andeutung der eigenthümlichen Wucherungen zu zeigen, welche an den von Taphrina fusca befallenen Stellen des Aspidium pallidum die ausnahmslose Regel bilden. Ich will zum Vergleiche das in meiner früheren Abhandlung gegebene Querschnittbild der von Taphrina fusca erzeugten Blattdeformationen hier noch einmal mit richtiger Bezeichnung versehen als Figur 2 wiederholen. Beide Abbildungen sind

im gleichen Vergrösserungsmassstabe 85/1 gezeichnet, eine Verwechselung beider Formen scheint schon danach ausgeschlossen.

Ueberzeugender wird allerdings die Verschiedenheit der beiden Taphrinaarten aus der Morphologie der Pilze selber nachgewiesen werden. Dass beide Formen ihr Mycel subcuticular ausbreiten, ist schon oben erwähnt worden. Aber schon im sterilen Zustande sind die subcuticularen Lager deutlich verschieden; niemals zeigt Taphrina

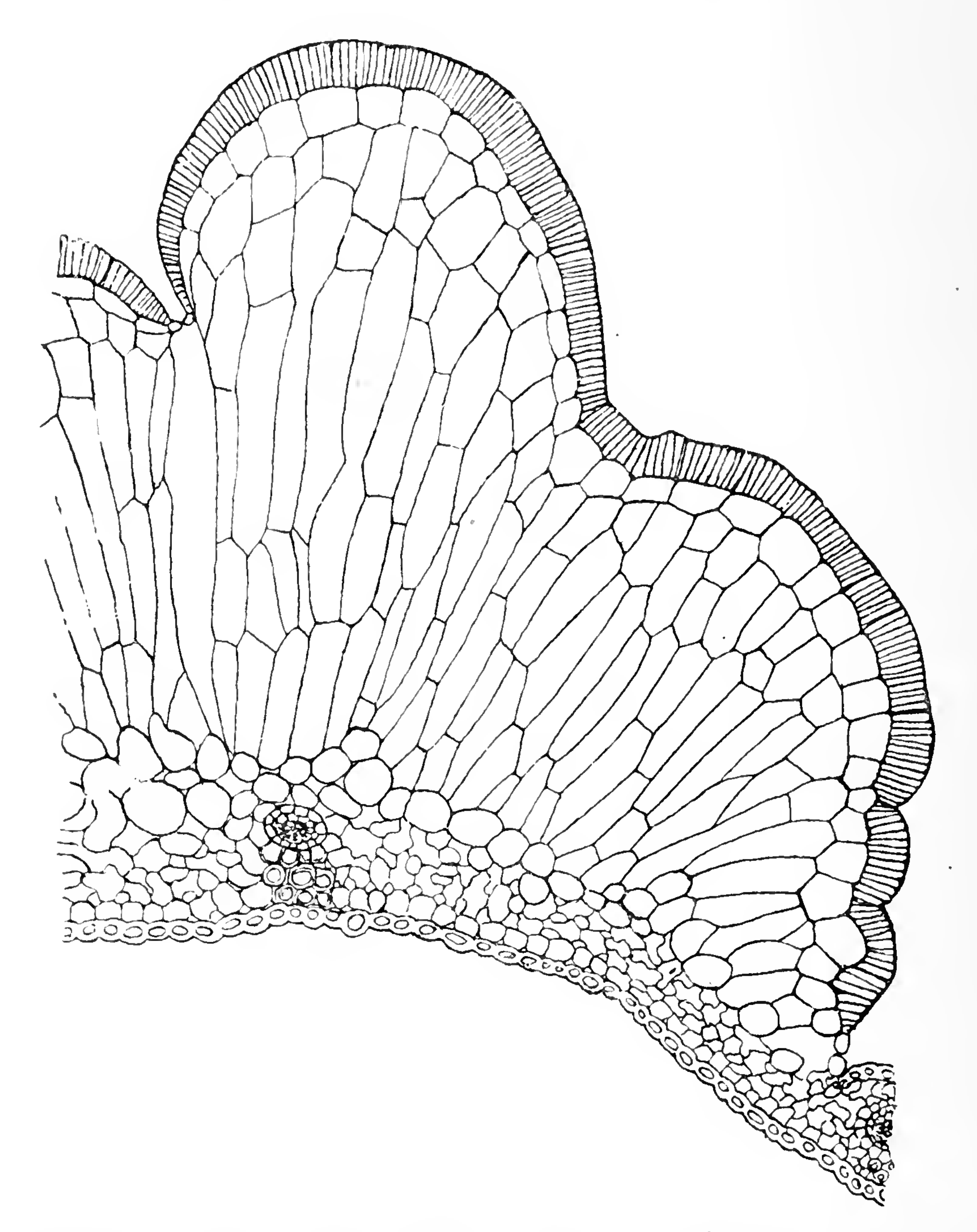


Fig. 2. Querschnitt durch die Pilzgalle, welche von Taphrina fusca an Aspidium pallidum verursacht wird (85/1).

filicina Rost. die pallisadenartige Anordnung ihrer askogenen Zellen, welche für Taphrina fusca die Regel bildet. So lange die askogenen Zellen bei Taphrina filicina noch von der Cuticula überdeckt werden, sind dieselben rundlich isodiametrisch (Fig. 6). Sobald sie beginnen, sich in die Länge zu strecken, wird die Cuticula durchbrochen und die Ausbildung der Asci ohne Unterbrechung in kurzer Zeit vollendet. Bei Taphrina fusca dagegen strecken sich die askogenen Zellen unmittel-

bar nach ihrer Anlegung senkrecht zur Oberfläche der Galle und bilden in ihrer Gesammtheit ein dichtes pflasterartiges Lager aus cylindrischen Pfahlzellen, welches sehr lange in diesem Zustande erhalten bleibt, bevor die Ausbildung der Schläuche einsetzt. Das von Baldacci gesammelte Material enthielt an allen Gallen den Pilz nur in diesem Stadium, das ich in der hier als Figur 2 wiederholten Figur 20 B meiner Abhandlung über die Entwickelungsreihen der parasitischen Exoasceen abgebildet habe. Es lag mir damals nicht besonders daran, die Fructification aufzufinden, da ich ja den Pilz für Taphrina filicina hielt, deren Askus- und Sporenbildung bereits von Johanson beschrieben und abgebildet worden war. Nachträgliche Prüfung des betreffenden Untersuchungsmaterials zeigte mir aber auch, dass damals alles Suchen vergeblich gewesen wäre. Das sicilianische Untersuchungsmaterial, welches mir im Laufe dieses Sommers und Herbstes zu verschiedenen Zeiten auf Veranlassung des Herrn Dr. Ross zugesandt wurde, wies immer das gleiche Entwickelungsstadium auf, so dass ich schon auf den Gedanken kam, es möchte die Askusbildung überhaupt erst vor sich gehen, nachdem die Farnwedel zusammengebrochen wären und auf dem feuchten Waldboden dem Zerfall entgegen gingen. Erst jetzt im Dezember erhielt ich endlich wiederum durch gütige Vermittelung des Herrn Dr. Ross eine Sendung frisch vom Stock gesammelter Wedel, an denen die verhältnissmässig kleinen Pilzgallen über und über mit reifen Asken bedeckt waren.

Die Form und Grösse der Asken entsprach aufs Genaueste der Vorstellung, welche ich mir, ohne sie gesehen zu haben, auf Grund meiner in der mehrerwähnten Exoasceenarbeit ausgesprochenen Anschauungen von ihnen gemacht hatte. Sie sind „schlank keulenförmig und nach beiden Seiten allmählich verschmälert, oben abgerundet, so dass die breiteste Stelle wenigstens um ein Viertel der Askenlänge unter der Spitze liegt“.

Während die Asken von Taphrina filicina keine Stielzelle abgrenzen, wird das pallisadenartige Stück der Askenanlage, welches in der Aussenwand der Zelle eingebettet liegt, zur Stielzelle, der Askus sprosst gewissermaassen aus dem Gipfel der askogenen Zelle hervor und gelangt, indem er gleich anfangs die bedeckende Cuticula durchbricht, an die Oberfläche der Galle. Im Innern mancher Asci fand ich 8 eiförmige Sporen, deren Länge 3—4, deren Breite etwa 2 μ beträgt. So liegt denn hier wiederum ein Fall vor, in dem von zwei nahe verwandten Arten die eine die Stielzelle noch entwickelt,

während bei der andern die Stielzelle mit in der Askusbildung aufgeht.

Interessant ist ein Vergleich des Verhaltens der dritten mit den beiden besprochenen Taphrinaarten nächst verwandten Art, der Taphrina Cornu cervi auf Aspidium aristatum, welche ich in meiner Arbeit über Hexenbesen an tropischen Farnen[1]) eingehend beschrieben habe. Die frappante Aehnlichkeit in der Form und Grösse der Asken (vergl. Fig. 3, 5 u. 6) und soweit bekannt auch der Sporen, die Fähigkeit zur Erzeugung einer Hypertrophie in den Geweben der Wirthspflanze, das Vorkommen auf drei nächst verwandten Formen, wird jedem, der ohne Voreingenommenheit die drei Formen neben einander betrachtet, den Gedanken aufdrängen müssen, dass es sich um nahe verwandte Arten handelt.

Die Gestalt und Grösse der Vermehrungsorgane stellen eine specifische durch äussere Umstände nicht oder nur unwesentlich be-

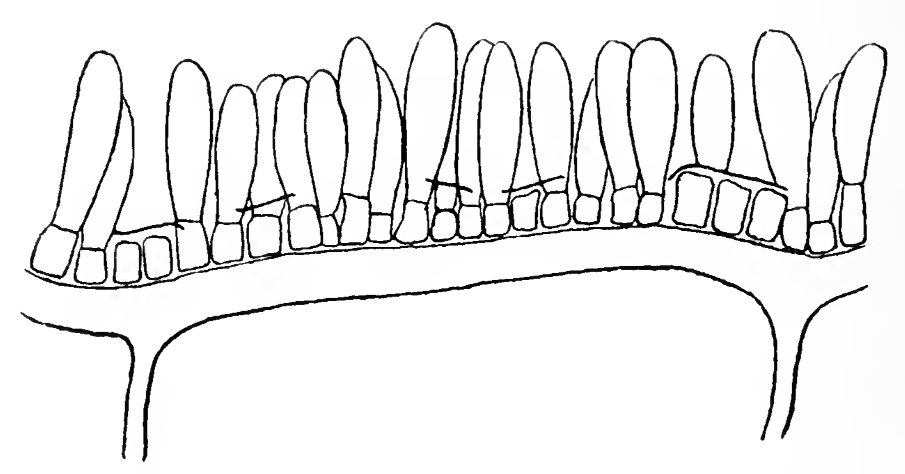


Fig. 3. Taphrina Cornu cervi (600/1).

einflusste Eigenschaft der Arten dar, aus deren Uebereinstimmung wir auf die Verwandtschaft der Arten schliessen müssten, auch wenn das Vorkommen auf verwandten Wirthspflanzen keinen weiteren Anhalt für diesen Schluss abgeben würde.

Die Entwickelung des vegetativen Pflanzenkörpers dagegen und die Ausbildung der von ihm erzeugten Galle sind Anpassungscharaktere, welche in ihrer phylogenetischen Entstehung abhängig sind von der Wechselbeziehung zwischen Gast und Wirth, von dem Bau und den Lebensgewohnheiten der Wirthspflanze.

Und es scheint mir in dem vorliegenden Falle die Nebeneinanderstellung dieser Anpassungsmerkmale ganz besonders deutlich zu erweisen, dass sie zur Begründung besonderer Gattungen unter den parasitischen Exoasceen, wie Sadebeck will, nicht geeignet sein können.

---

1) Flora, Ergänzungsband 1892.

Während die nordische Form an ihrer Wirthspflanze nur eine Vergrösserung der Zellen erzeugt, bewirkt die Art des Mediterrangebietes eine Wucherung der Epidermiszellen, welche zur Ausbildung von unbestimmt geformten Gallen führt; die Art der indomalayischen Tropen aber vermag an der Wirthspflanze Wucherungen zu erzeugen, welche von einem innern Gewebecomplex des Blattes ausgehend als stift- oder geweihartige Auswüchse hoch über die Blattfläche hervortreten, denen selbst die Gefässbündel nicht fehlen.[1]) Wir erkennen auf den drei Stationen von der tropischen Heimath der Farne bis zum Norden der gemässigten Zone eine absteigende Reihenfolge, die auch noch in anderen Umständen zum Ausdruck kommt. Die Taphrina Cornu cervi vermag ihr Mycel in den tieferen Gewebeschichten des von ihr bewohnten Theiles der Wirthspflanze intercellular auszubreiten, Taphrina fusca und Taphrina filicina bewohnen allein die subcuticulare Zellmembran ihres Wirthes. Die Asken von Taphrina Cornu cervi und von Taphrina fusca zeigen im ausgebildeten Zustande noch eine deutliche Stielzelle; den Asken der jüngeren Form fehlt dieselbe.

Eine fortschreitende Vereinfachung des vegetativen Mycels geht genau parallel mit der fortschreitenden Entfernung von dem Gebiet, in dem wir den Stammsitz der Farne[2]) und damit nach meiner Auffassung zugleich den Stammsitz ihrer Parasiten aus der Gruppe der Exoasceen zu suchen haben.

Mir gibt die Gesammtheit dieser Beobachtungsthatsachen einen neuen Beleg für den Satz, dass die phylogenetische Weiterbildung der Exoasceen sich schrittweise mit der Weiterentwickelung der Wirthspflanzen vollzogen hat, dass ihre Stammesgeschichte mit der Stammesgeschichte der von ihnen bewohnten Pflanzen aufs Engste verbunden ist.[3])

Es erübrigt, dass ich noch eine vollständige Diagnose meiner neuen Taphrina diesem Bericht über meine Befunde anschliesse. Ich will mich dabei auf die meiner Arbeit über die Entwickelungsreihen der parasitischen Exoasceen angehängte systematische Uebersicht über die mir bis dahin bekannten Arten beziehen. Die Taphrina fusca gehört in den Filicina-Stamm und kann unter der Nr. 1a der Taphrina Cornu cervi angereiht werden. Die Erkennung der neuen Form

---

1) Vergl. Giesenhagen, Ueber Hexenbesen an tropischen Farnen. Flora 1892, Ergänzungsband Taf. XII, Fig. 1 u. 2.

2) Vergl. Giesenhagen, Entwickelungsreihen. Flora 1895, Ergänzungsband pag. 316.

3) Giesenhagen, Entwickelungsreihen a. a. O. pag. 293.

bedingt zugleich einige Aenderungen in meinen früheren Angaben über die Taphrina filicina Rost. Ich will deshalb die Diagnose dieser Art gleichfalls hier anschliessen.

I. Gattung Taphrina.

A. Der Filicina-Stamm.

1. Taphrina Cornu cervi.

1a. Taphrina fusca n. sp.

Verursacht an den Blättern von Aspidium pallidum Lk. fleischige Gallen von dunkler Färbung.

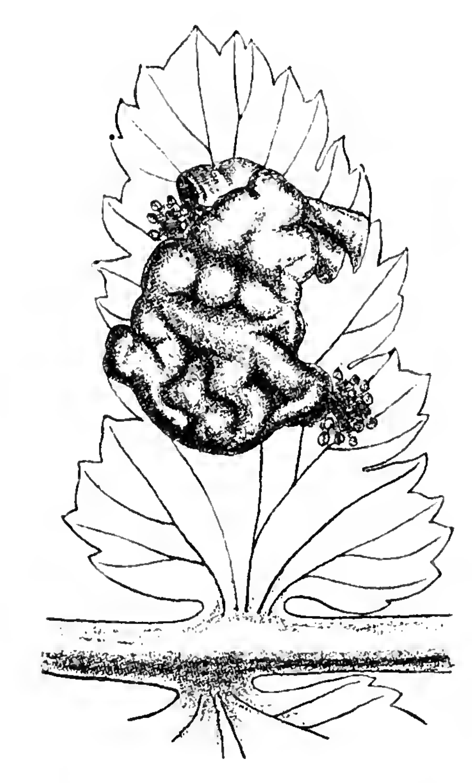


Fig. 4. Fiederchen von Aspidium pallidum Lk. mit einer durch Taphrina fusca erzeugten Galle (schwach vergrössert).

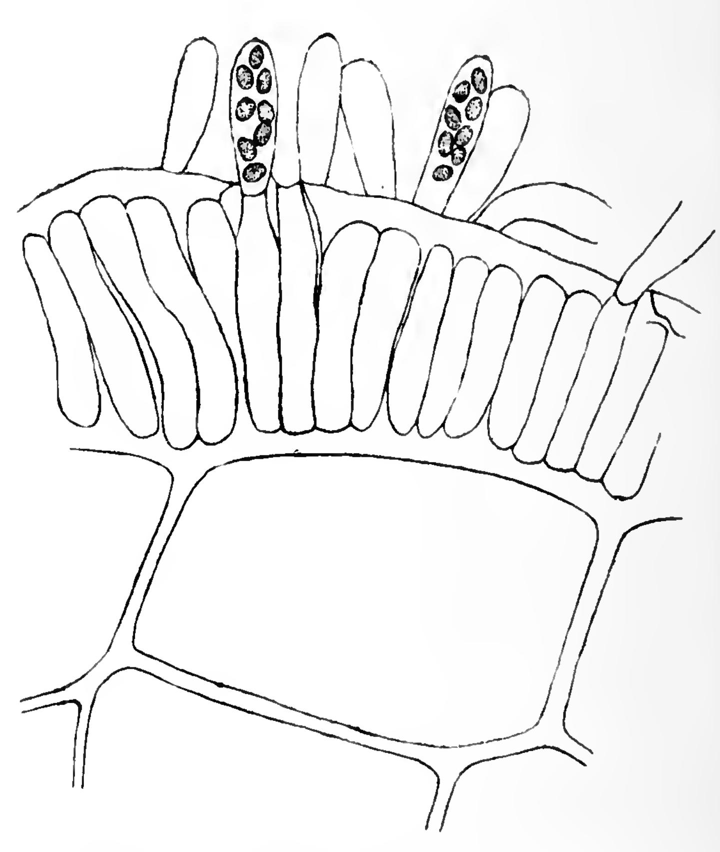


Fig. 5. Taphrina fusca (600/1).

Das subcuticulare Mycel perennirt nicht. Es bildet an der Oberfläche der Gallen eine dichte, ununterbrochene Hymenialschicht, deren Zellen sich früh cylindrisch strecken.

Die Sporenschläuche haben eine langcylindrische Stielzelle. Sie sind schlank keulenförmig, nach beiden Seiten allmählich verschmälert, oben abgerundet. Länge der Schläuche 20—24 μ, Breite 5—7 μ.

Die Sporen entstehen zu 8 in den Asken, sie sind elliptisch, 3—4 μ lang und ca. 2 μ breit.

Der Pilz bewohnt das Mittelmeergebiet, auf welches seine Wirthspflanze beschränkt ist; er wurde bisher in Albanien und auf Sicilien gesammelt.

2. Taphrina filicina Rostr.

Ascomyces filicinus Rostr.

Verursacht an den Blättern von Aspidium spinulosum Sw. graubereifte blasige Auftreibungen.

Das subcuticulare Mycel perennirt nicht, es ist an der Oberfläche der Zellen ausgebreitet und bildet eine dichte subcuticulare Hymenialschichte.

Eine Stielzelle wird am Askus nicht abgetrennt. Die Sporenschläuche sind keulenförmig nach beiden Seiten allmählich ver-

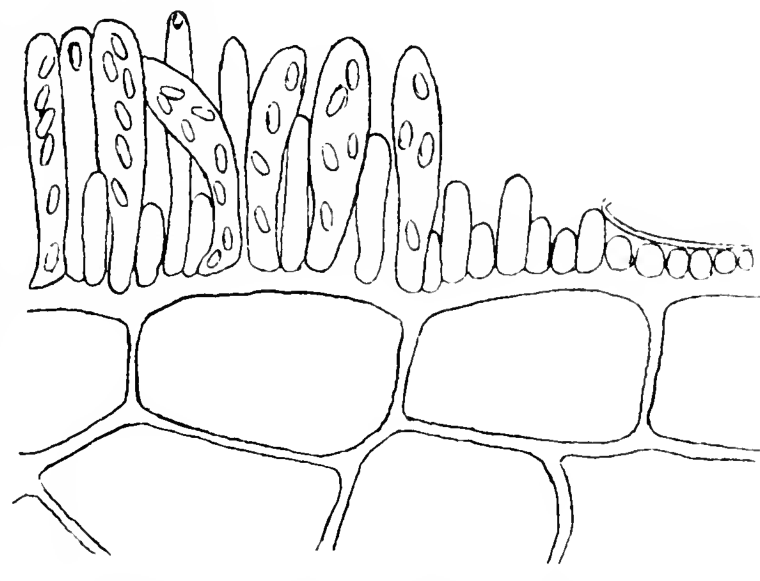


Fig. 6. Taphrina filicina (nach Johanson) (600/1).

schmälert, oben abgerundet, unten gerade oder schwach gerundet. Sie sind 29—38 μ lang und bis 9 μ breit.

Die vier oder acht Sporen sind elliptisch, 4—5 μ lang und ca. 2 μ breit.

Der Pilz ist bisher nur auf Skandinavien und der jütischen Halbinsel gesammelt worden.

Litteratur.

R. Sadebeck, Die Kulturgewächse der deutschen Kolonien und ihre Erzeugnisse. Mit 127 Abbildungen. Jena, G. Fischer, 1899.

Das vorliegende Werk ist die Frucht jahrelanger Arbeit des Verfassers. Als Director des botanischen Museums in Hamburg, an einem Orte, an welchem sich die Interessen von Weltfirmen und der Wissenschaft begegnen, hat derselbe die ihm zukommende Aufgabe richtig erfasst und vor etwa 14 Jahren eine besondere Kolonialabtheilung des Museums und später im Anschlusse daran ein Laboratorium für Waarenkunde begründet, in welchen die Produkte der deutschen Kolonien eine ganz besondere Berücksichtigung gefunden haben. Die Schätze, welche diesen beiden Instituten zuströmten und die Aufstellung und die Bearbeitung derselben bilden die Grundlage für das vorliegende treffliche Werk. Einen Vorläufer desselben bildet das Schriftchen Sadebeck's über die tropischen Nutzpflanzen Ostafrikas (1891); diesem sind dann „Die Culturpflanzen Usambaras" von Warburg (1894), die eingehende Bearbeitung der Roh- und Nutzstoffe Ostafrikas durch Prof. Engler und seine Beamten (1895), die gelegentlich der Berliner Gewerbeausstellung publicirte Uebersicht der aus den deutscheu Kolonien exportirten Produkte von Warburg (1896) und schiesslich ein Führer durch das Museum in Hamburg, wieder von Sadebeck, gefolgt. Aber alle diese Arbeiten bieten nicht das, was Sadebeck's Buch erfüllt, eine eingehende und an einen grösseren Leserkreis gerichtete Besprechung der in unseren deutschen Kolonien cultivirten und wild wachsenden Nutzpflanzen und ihrer Produkte. Den reichen Inhalt demonstrirt am besten die Anführung der 14 Kapitel: I. Palmen, II. Getreide und Zuckerrohr, III. Knollen- und Zwiebelgewächse, IV. Essbare Früchte und Gemüse, V. Eigentliche Genussmittel, VI. Gewürze, VII. Tabak, VIII. Fette und fette Oele liefernde Pflanzen, IX. Farb- und Gerbstoffe liefernde Pflanzen, X. Gummi, Harze und Kopale (bearb. von Dr. Gilg), XI. Kautschuk und Guttapercha liefernde Pflanzen, XII. Faserstoffe, XIII. Nutzhölzer, XIV. Medicinalpflanzen. Je nach der Wichtigkeit des Produkts werden die einzelnen Nutzpflanzen mehr oder weniger ausführlich besprochen. In den Kapiteln, welche die besonders wichtigen Nutzpflanzen behandeln, finden wir gute Beschreibungen der Pflanze und ihres Erzeugnisses, Angaben über die Verbreitung und Cultur der Pflanze und über die Gewinnung, Verwertung und Geschichte des Produktes, zum Theil auch Bemerkungen über die Krankheiten des Nutzgewächses und deren Bekämpfung. Zahlreiche, gut ausgeführte Abbildungen unterstützen den Text und sind für den Lehrer der Naturwissenschaften ein willkommenes Anschauungsmittel beim Unterrichte. Sadebeck bietet überdies in dem vorliegenden Werke noch mehr, als der Titel desselben sagt. Er geht nämlich auch auf jene Culturpflanzen ein, welche in unseren deutschen Kolonien bisher wenig oder nicht gezogen werden, sich aber möglicher Weise zu Anbauversuchen eignen. Dadurch gewinnt das Werk eine ganz besondere Bedeutung für den Plantagenbesitzer und den Kaufmann, welche in dem Buche die für sie nothwendigen wissenschaftlichen Aufschlüsse in einer klaren, sachlichen Weise finden.

Solereder.

Koch, Jahresbericht über die Fortschritte in der Lehre von den Gährungsorganismen. Sechster Jahrgang 1895. Braunschweig 1898. Preis 11 Mark.

Der längst sehnlich erwartete 6. Jahresbericht zeigt von vornherein eine wesentliche Veränderung darin, dass Koch sich entschlossen hat, eine Anzahl Mitarbeiter heranzuziehen, und zwar Forscher, die auf den von ihnen referirten Gebieten bereits durch eigene Arbeiten hervorragend bekannt sind. Dies wird hoffentlich die sehr wünschenswerthe Folge haben, dass der Jahresbericht nicht immer um mehrere Jahre nachhinkt, und er wird durch sein rascheres Erscheinen noch erheblich an Werth gewinnen.

Wie in den früheren Jahrgängen, so ist auch in diesem die Vollständigkeit der referirten Litteratur in den einzelnen Gebieten eine sehr umfassende, und man wird kaum irgendwo eine bedeutende Arbeit vermissen. Die Besprechungen der einzelnen Arbeiten sind meist nur referirend gehalten, jedoch sind sehr häufig in Fussnoten die eigenen Erfahrungen des Referenten mitgetheilt, was dem Referat natürlich doppelten Werth verleiht. Das Capitel über Fermente hat entsprechend der umfangreicheren Bearbeitung dieses Gebietes in den letzten Jahren eine erhebliche Vermehrung erfahren und es ist eine Trennung in einzelne Gruppen (Diastase, Glucose, Maltose, Invertin, Cytose, Lactose) eingetreten. Auch innerhalb der anderen Abschnitte ist eine reichere Gliederung eingetreten, was für die Uebersichtlichkeit des Jahresberichtes von grossem Vortheil ist. Wenn der ganze Jahresbericht gegen den vorhergehenden an Umfang gewonnen hat (um 42 Seiten), so ist namentlich die Zahl der referirten Arbeiten enorm gestiegen, von 393 im Jahresbericht 1894 auf 609 im vorliegenden, nicht nur ein Zeichen dafür, dass auf dem Gebiete der Gährungstechnik von Jahr zu Jahr mehr geleistet wird, sondern auch dafür, dass der Jahresbericht immer vollständiger und umfassender wird. Dass dabei der Umfang des Jahresberichtes verhältnissmässig so wenig wächst, ist der präcisen, knappen Fassung der Referate zuzuschreiben, die den Leser über die wichtigsten Data einer Arbeit vollkommen orientiren, ohne Nebensächliches zu berühren. Als besonderer Vorzug erscheint es dem Ref., dass wichtige Arbeiten oft sehr ausführlich und eingehend besprochen sind, so dass man oft das Original entbehren kann; dagegen ist der Inhalt von Arbeiten geringerer Bedeutung nur kurz widergegeben. Der einzige fühlbare Mangel, den man dem Jahresbericht nachsagen kann, ist der, dass er immer so lange auf sich warten lässt, was ja, wie der Herausgeber in der Vorrede versichert, bei den zukünftigen Jahrgängen nicht mehr der Fall sein wird. W. Migula (Karlsruhe).

Eingegangene Litteratur.

Ambronn H., Ueber Anomalien bei der accidentellen Doppelbrechung. S.-A. aus den Ber. der math.-phys. Classe der Kgl. Sächs. Ges. der Wissensch. zu Leipzig. 1898.

Anderlind L., Mittheilungen über die Palmenanlage bei Ilche. S.-A. aus „Globus“ Bd. LXXIII Nr. 23. 1898.

Behrens J., Beiträge zur Kenntniss der Obstfäulniss. S.-A. aus dem Centralbl. f. Bacteriologie, Parasitenkunde und Infectionskrankheiten. IV. Bd. 1898.

Behrens W., Neuer Projectionsapparat für wissensch. Zwecke. M. 5 Holzschn. S.-A. aus Zeitschrift f. wissensch. Mikroskopie. 1898.

Berthold G., Untersuchungen zur Physiologie der pflanzlichen Organisation. I. Theil. M. 1 lith. Taf. Leipzig, Engelmann. 1898.

Bijlert A., Onderzock van eenige Grondsorten in Deli. — Mededeelingen uit 'S Lands Plantentuin. XXVI. 1898.

Bower F. D., Adress to the botanical section. — British Association for the advancement of science. 1898.

Briosi G., Rassegna crittogamica pei mesi di aprile, maggio e giugno 1898. S.-A. Ministero di Agricultura. 1898.

Bruchmann H., Ueber die Prothallien und die Keimpflanzen mehrerer europäischer Lycopodien, und zwar über die von Lycopodium clavatum, L. annotinum, L. complanatum und L. Selago. M. 7 lith. Taf. Gotha, Perthes. 1898.

Carus V., Ueber den „international Catalogue of scientific Literature" der Royal Society of London. S.-A. aus dem „Zoolog. Anzeiger" XXI. Bd. Nr. 566. 1898.

Czapek Fr., Ueber einen interessanten Fall von Arbeitstheilung an Laubblättern. S.-A. aus der Oesterr. bot. Zeitschrift. 1898.

— — Studien über die Wirkung äusserer Reizkräfte auf die Pflanzengestalt. I. M. 1 Taf. u. 3 Abb. S.-A. aus Flora oder Allgem. bot. Ztg. 1898.

Darwin Fr., Observations on stomata. S.-A. from the proceedings of the Royal Society. Vol. 63. 1898.

Deinega V., Beiträge zur Kenntniss der Entwickelungsgeschichte des Blattes und der Anlage der Gefässbündel. M. 1 Taf. u. 22 Textfig. S.-A. aus Flora oder Allg. bot. Ztg. 1898. 85. Bd. Heft 4.

Delage Yves, L'année biologique. Deuxième année 1896. Paris 1898. Schleicher frères.

Dinter Arthur, Herbariumschlüssel, umfassend die Gefässpflanzen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz, nach neueren natürlichen Systemen bearbeitet. Strassburg 1899. G. Beust's Verlag.

Dodge G. K., A report on flax culture for seed and fiber in Europe and America. M. 4 plates. S.-A. U. S. departement of agriculture. 1898.

Duncan S. Johnson, On the development of the leaf and sporocarp in Marsilia quadrifolia L. M. 3 plates. S.-A. Annals of Botany, Vol. XII. 1898.

— — On the leaf and sporocarp of Pilularia. M. 3 Taf. Reprinted from the botanical Gazette, Vol. XXVI Nr. 1. 1898.

Errera L., A propros de l'eglise et de la science; réponse a un vitaliste. Extrait de la revue de l'université de Bruxelles. 1898.

Farlow W. G., The conspection of species as affrected by recent investigations on fungi. Boston. August 1898.

Farmer J. R. and J. Williams, Contributions to our knowledge of the fucaceae: their Life-History and Cytology. M. 6 Taf. S.-A.: Philosophical transactions of the royal society of London. Series B. Vol. 190. 1898.

Fischer H., Ueber Inulin, sein Verhalten ausserhalb und innerhalb der Pflanze, nebst Bemerkungen über den Bau der geschichteten Stärkekörner. S.-A. aus Beiträge zur Biologie der Pflanzen. 1898.

Ganong W. F., Notes on the natural history and physiography of New Brunswick. Bulletin of the natural history society of New Brunswick. 1898.

Gravis A., Recherches anatomiques et physiologiques sur le tradescantia virginica L. Bruxelles, Hayez. 1898.

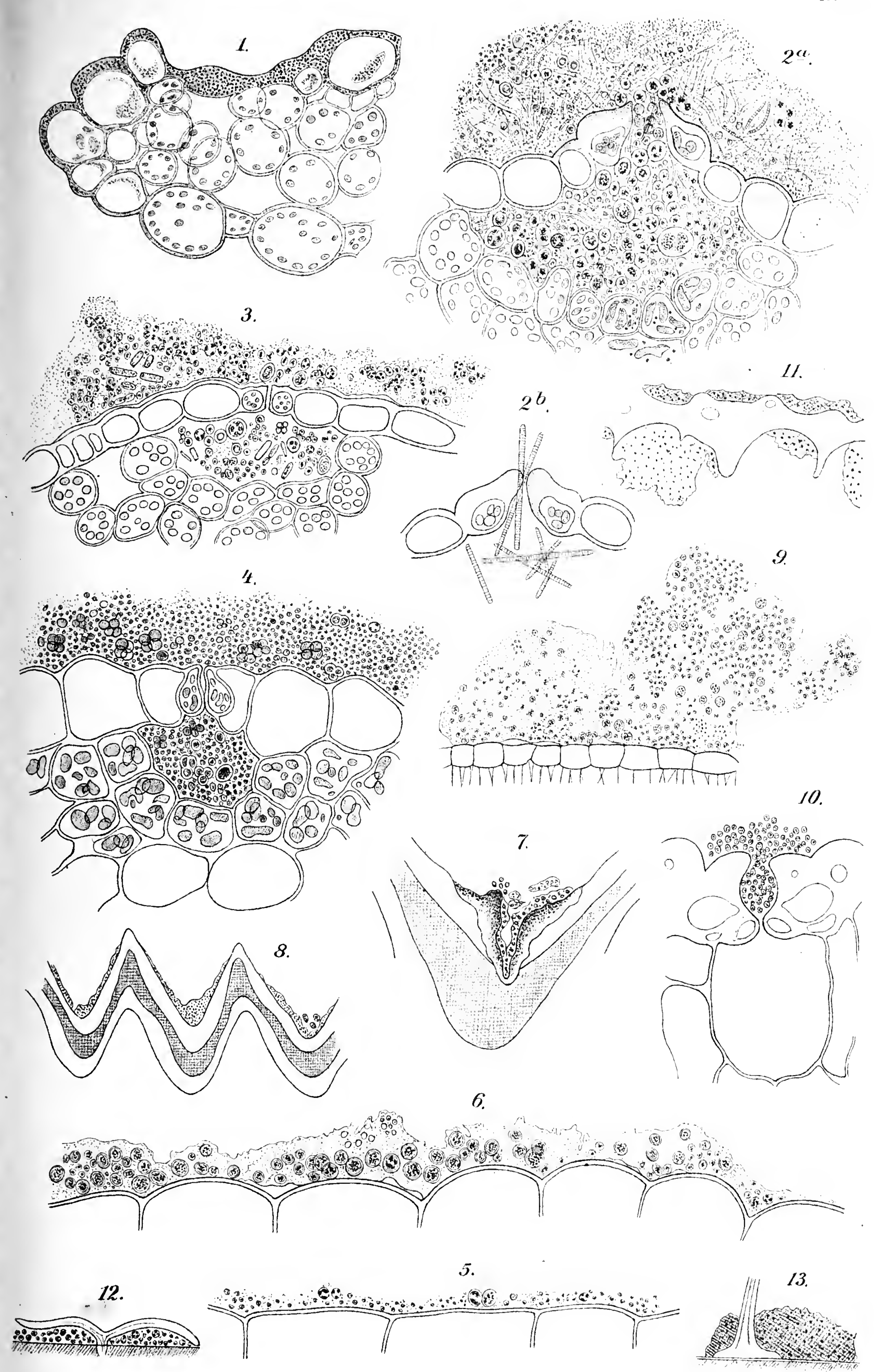
Grecescu Dr. D., Conspectul Florei Romanei. Bucarest 1898. Verlag von Friedländer u. Sohn. Berlin. 12 Mk.

Hansen A., Die Energidenlehre von Sachs. S.-A. aus dem biolog. Centralblatt. Bd. XVIII Nr. 20. 1898.

Hansen E. Chr., Einige Untersuchungen über die Biologie der Agaricineen. Bot. Centralblatt Bd. LXXIV Nr. 4—5. 1898.

Harting H., Ein neues Mikroskopobjectiv für zoologische und andere biologische Untersuchungen unter Wasser. S.-A. aus Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikroskopie Bd. XV. 1898.

Heinricher E., Die grünen Halbschmarotzer. II. Euphrasia, Alectorolophus und Odontites. M. 2 Taf. u. 1 Holzschn. S.-A. aus den Jahrbüchern für wissenschaftl. Botanik Bd. XXXII Heft 3. 1898.


1.
2a.
3.
2b.
11.
9.
4.
10.
7.
8.
6.
5.
12.
13.

Wirkung der Algendecken auf Gewächshauspflanzen.

Von
Adam Maurizio.

(Hierzu Tafel XI.)

Das Vorkommen von Algen auf Blättern und im Blattgewebe wurde wiederholt beobachtet. Abgesehen von den wenigen bekannten Fällen eines eigentlichen parasitischen Vorkommens von Algen, welches namentlich von Just und Cunningham studirt wurde, konnte durch die Wirkung der endophytisch lebenden Algen, wenn man von der kurzen merkwürdigen Notiz Schaarschmidt's absieht, eine merkliche Schädigung der befallenen Pflanzen nicht festgestellt werden. Möbius stellte die zahlreichen Befunde des endophytischen Vorkommens von Algen in einem Verzeichnisse von 144 Nummern zusammen. Zur Zeit als die neuentdeckten Erscheinungen der Symbiose mannigfache Anregungen ausstreuten, ging man in diesen Studien häufig zu sehr von der Annahme specifischer Einschränkung der Algen auf bestimmte Pflanzen aus, obgleich schon das Vorkommen von Mycoidea parasitica Cunn. in Blättern von Pflanzen verschiedener Familien der Phanerogamen, das Dogma dieser specifischen Bewohnbarkeit stark ins Schwanken brachte. Den Einfluss der Algen auf den Stoffwechsel berührt wohl zuerst Cohn, nach ihm Klebs I und II und Hassak. Es wendet sich speciell Klebs gegen Verquickung dieser Vorkommnisse mit der Symbiose und ähnlichen Erscheinungen. Das endophytische Vorkommen ist von dem nur der Oberfläche angehörenden nicht streng zu trennen. Andererseits bewirken die hier besprochenen Decken bildenden Algen gelegentlich auch einen Spaltenverschluss, ohne jedoch hierbei ihre eigentliche epiphytische Lebensweise einzubüssen; sie durchbohren niemals die Membranen.

Ueber epiphytische Algen liegen zahlreiche Beobachtungen vor. Insoweit solche die Gewächshäuser betreffen, gehen sie über eine Aufzählung der Arten vom systematischen und gärtnerischen Standpunkte nicht hinaus und erwähnen die Wirkung auf Pflanzen nur im Vorbeigehen. Hierher gehören die Mittheilungen von Magnus, Schröder, Montemartini. Hennings bestimmte in seiner Arbeit über die schädlichen Kryptogamen der Gewächshäuser auch die Algen und citirt die auf den Gegenstand bezügliche Litteratur.

Es ist daraus zu entnehmen, wie häufig die Algen „in beängstigender Weise“ sich auf Gewächshauspflanzen verbreiteten, ein „Versauern der Topferde“ bewirkten u. a. m. Ein solches massenhaftes Auftreten wurde von Herrenhausen bei Hannover, Berlin, Breslau, Leipzig, Prag in früherer und neuerer Zeit gemeldet, worüber neben Hennings auch Schröder und die Werke über Pflanzenkrankheiten von Frank, und namentlich v. Tubeuf zu consultiren sind. Auch die Algenfloren von Rabenhorst, Kirchner und Hansgirg zählen verschiedene auf Blättern vorkommende Species auf.

Als in den Jahren 1896 bis Winter 1897/98 im Warmhause der Versuchsstation in Wädensweil, im Züricher botanischen Garten und in dem kleinen Gewächshause am Polytechnikum in Zürich die Algen massenhaft auf Blättern auftraten, schienen sie ein genügendes Material zur Erforschung ihrer Wirkungsweise zu liefern. In Wädensweil entwickelten sie sich sehr üppig $1^1/_2$ Jahre hindurch und verschwanden nachher fast vollständig, ohne dass ich die Ursache ihres Zurücktretens anzugeben vermöchte. Da ich im Wesentlichen auf dieses Gewächshaus angewiesen war, und die Algen in ihm das reichlichste Material boten, mussten die Versuche über Assimilation und Transpiration unterbrochen werden. Zum Studium der Transpirationsänderungen gehört ohnehin eine Auswahl von Pflanzen, wie sie kein Algendecken besitzendes Gewächshaus liefern kann, während die Verminderung der Assimilationsthätigkeit auch an dem mir zu Gebote stehenden Material sich feststellen liess. Ein reichlicheres Material können nur die tropischen Epiphyten liefern, mit deren Wirkungen wenigstens insofern es Algen waren, die Forscher sich bisher nicht beschäftigten. Stahl I verweist auf den Mangel physiologischer Studien über die Wirkung der Epiphytenvegetationen in den Tropen. Er betont auch, dass die schädigende Wirkung in der Herbeiführung von Aenderungen der Transpiration und Assimilation bestehen werde. Auch den übrigen Bemerkungen Stahl's l. c. kann ich mich anschliessen; er verweist im Speciellen auf die Oberflächenbeschaffenheit und auf die lange, die Ansiedlung ermöglichende Lebensdauer der Blätter.

Jedenfalls greifen in den Tropen die Algen viel energischer in den Pflanzenhaushalt ein als bei uns. Dass sie aber auch im gemässigten Klima im Freien am Zersetzungsprocesse des abfallenden Laubes theilnehmen, und nicht nur die Rinde, sondern wo die Umstände es ermöglichen, auch Blätter, Halme und Nadeln lebender Pflanzen überziehen, wird hier in Kürze dargelegt werden.

Die Algen sind fast auf allen Pflanzen des Gewächshauses vorhanden gewesen. Hier wurden nur diejenigen Pflanzen genannt, auf denen sie eine grössere Ausdehnung fanden und infolge dessen einen merklichen Einfluss ausübten.

Die Algendecke und ihre Zusammensetzung.

Die Decken bildenden Algen des Gewächshauses sind keine specifischen Bewohner einiger Pflanzen. Wie Schröder, Hansgirg, Hennings und andere Autoren beobachteten, können sie an den verschiedensten Stellen des Gewächshauses wahrgenommen werden. In den drei letzten Jahren fand ich die Decken in wechselnder Ausdehnung in folgenden Gewächshäusern: im Warmhause in Wädensweil, im botanischen Garten in Zürich, Bern und Pavia, im kleinen Gewächshause der landwirtschaftlichen Schule des Polytechnikums in Zürich, und in einigen Handelsgärtnereien der Schweiz. Mit Vorliebe siedeln sich die Algen an folgenden Stellen der Gewächshäuser an: Rand der Wasserbehälter, der zur Unterlage dienende Coaks, Bretter und Mauern, namentlich wenn sie mit Tuff oder Bimsstein ausgekleidet sind, die Ecken der Glasscheiben, die Töpfe und Untersätze derselben und die obere Erdschicht in Töpfen und Kübeln.

Auf Coaksschichten kamen in grösseren Quantitäten vor: Oscillaria Froelichii Kg. var. fusca Schr., schwarze zusammenhängende Häute bildend. Ihr ist häufig Cylindrospermum macrospermum Kg. beigesellt, dessen Dimensionen von den gewöhnlich angeführten etwas abwichen. Die Dauerspore der Alge mass 8,5 μ in der Breite und 19,5 μ in der Länge, ihr Faden war 4,8 μ dick und 3,6 μ lang. Es war ferner zu finden Oscillaria brevis Kg. mit 5,5 μ Fadendicke und eine Oscillaria tenerrima, die am besten mit der var. nigricans Hansgirg übereinstimmte. In diese Grundmasse waren verschiedene Cyanophyceen gleichsam eingebettet, welche an anderen Orten in grösseren Quantitäten vorkamen und bei Besprechung dieser genannt werden sollen. Häufig kamen sterile Schläuche einer Vaucheria (terrestris?) vor. Das Ueberwiegen der Cyanophyceen speciell der Oscillarien auf Coaks hat wahrscheinlich seinen Grund in der Vorliebe derselben für Wärme, resp. in dem recht hohen Wärmeabsorptionsvermögen des Coaks und der wahrscheinlich niederen, einer exakten Bestimmung jedoch schwer zugänglichen Erkaltungsgeschwindigkeit desselben. An den in einer gewissen Höhe des Gewächshauses aufgehängten Orchideen und der Nephrolepis exaltata, also bei einer höheren Temperatur als in der Coaksunterlage überwogen gleichfalls die Cyanophyceen.

Am Rande der Wasserbehälter und den nicht untergetauchten Wänden derselben, ferner auf Blumentöpfen breiteten sich u. a. folgende Algen besonders aus: Cystococcus humicola Naeg., dessen zurückbleibende Zellmembranen die Algenschicht verstärkten; Pleurococcus vulgaris Menegh., Oscillaria Froelichii Kg. nebst den Fäden der schwach blaugrünen Oscillaria subtilissima Kg., welche nur 1 bis 1,5 μ dick waren und knäuelartige Anhäufungen bildeten. Eine der zuletzt genannten ähnliche Species die Oscillaria tenuis Ag. var. viridis Kg. kommt gleichfalls in grösseren Mengen vor. Mehr eingestreut und darin den Ueberzügen auf den Blättern in Fig. 2a, 3 und 4 Taf. XI ähnlich, kam in erheblichen Quantitäten Gloeocapsa fenestralis Kg. vor nebst anderen Repräsentanten dieser Gattung, die nicht bestimmt werden konnten. Bei inniger Vermengung der Algen kommt nämlich das für dieselben charakteristische Lager nicht zur Erscheinung. Einige derselben wurden deshalb in der Knop'schen Nährlösung oder auf einem mit ihr befeuchteten Quarzsande cultivirt. Einzelne gediehen vortrefflich, bei anderen gelang es nicht, ein dem Zwecke entsprechendes Lager zu erzielen. Auch bei sorgfältiger Sterilisirung kann das Eindringen von einzelligen Grünalgen nicht immer verhindert werden.

Am gleichen Standorte und auch an den mit Tuffstein geschmückten Partien eines kleinen Behälters für Wasserpflanzen im Gewächshause der Versuchsstation in Wädensweil fanden sich ferner folgende Algen vor: Eine dünnfädige, mit sehr dünner, nur an Stellen der Hormogonienbildung deutlich sichtbarer Scheide versehene Cyanophycee, deren einzelne Zellen schwer zu unterscheiden waren und einen Durchmesser von 2,4 bis 2,5 μ besassen. Ihr Zellinhalt ist blass spahngrün und sie scheint die von Schröter als an Gewächshauswänden vorkommend angegebene Oscillaria gracillima Kg. zu sein. Sie ist der am gleichen Orte vorkommenden O. subtilissima ähnlich und bildet Knäuel von gekrümmten bis gerollten Fäden. Unbestimmt blieb eine im Gewächshause sehr verbreitete Art der Gattung Nostoc.

An den Glasscheiben der verschiedenen Gewächshäuser siedelten sich namentlich Grünalgen an: Cystococcus humicola und Pleurococcus vulgaris. Die Bedeckung der Glasdächer mit Algen ist zu bekannt, um sie weitläufig zu erwähnen. Beziehen sich doch die meisten Angaben der Algenfloren über Gewächshausalgen auf solche Standorte.

Die bisher genannten Algen kommen fast in allen Gewächshäusern vor. Doch hat manches Gewächshaus seine charakteristische Algenflora. Solche typische Vorkommnisse beweisen am besten,

dass die Zusammensetzung der Decken auf Blättern derjenigen der Algenansammlungen des Gewächshauses überhaupt entspricht. Dies kann man in überzeugender Weise an folgenden zwei Beispielen darthun.

Im botanischen Garten in Zürich war auffallend das Vorherrschen der Cyanophyceen. Bei einer Temperatur des Gewächshauses von 25—30 ° C. bekleideten sie die Blätter wie die mit Tuff bekleideten Wände und Ränder der Wasserbassins etc. Hier wurden cultivirt: Darlingtonia, Sarracenia, Nepenthes. In grossen Mengen waren dort Hepheothrix coriacea Kg. und H. Zenkeri Kg. vorhanden, ausserdem die derberen Tolypothrix Aegagropila Kg. und Scytonema Julianum Menegh. Diesen waren in zahlreichen Kolonien beigesellt: Gloeocapsa fenestralis Kg., Aphanocapsa pulchra Rabh., Oscillaria subtilissima Kg. Stichococcus bacillaris Näg. var. typicus Krch., Chroococcus helveticus Näg.

In dieser Hinsicht waren ebenso überzeugend die Verhältnisse des kleinen Gewächshauses am Polytechnikum in Zürich. Es fielen dort auf den ersten Blick die schön orangenen Decken von Chroolepus velutinum auf, welche an Blättern Reinkulturen bildeten und an den verschiedenen Stellen des Gewächshauses nur wenig mit anderen Algen vermischt waren.

Nach dem Gesagten kann es gar keinem Zweifel unterliegen, dass die Algen auf Blättern diesen verschiedenen Standorten des Gewächshauses entstammen und nicht an bestimmte Pflanzen gebunden sind. Sie werden nach und nach verschleppt und gelangen auch mit dem von den Glasdächern fallenden Wassertropfen auf die Blätter und erlangen auf diesen je nach den Bedingungen und der Beschaffenheit der Algen selbst eine grössere oder geringere Ausbreitung. So können beispielsweise die Algen mittelst den Gallertausscheidungen sich förmlich an die Blätter ankleben. Warming macht auf diese Eigenschaft der epiphytischen Algen aufmerksam. Darauf beruht wohl auch die grosse Verbreitung der Cyanophyceen im Gewächshause. Eine Erscheinung, die im Gewächshause auf leblosem Material gewiss häufig stattfindet, jedoch von mir nur auf Blättern beobachtet wurde, ist das Verdrängen der Grünalgen durch Cyanophyceen. Einige Male wurde beobachtet, wie Cystococcus, Protococcus und Confervoideae (?) sich auf Nephrolepis, einigen Begonien und Orchideen stark verbreiteten, um nach und nach den vordringenden Oscillarien zu weichen. Eine zeitweise erhöhte Temperatur neben anderen nicht beachteten Umständen mögen wohl ein Zurücktreten der Grünalgen bewirkt haben.

Die Decken auf Blättern besitzen ein sehr verschiedenes Aussehen. So bilden Grünalgen, die gewöhnlich auch im Kalthause vorkommen, einen pulverigen bis locker körnigen Niederschlag auf Blättern von Adiantum Capillus Veneris, auf Blattenden von Pandanus u. a. m. Es mag hier hervorgehoben werden, dass die Träufelspitze von Ficus, Aeschynanthus und Arum eine vollkommene Ableitung der auf dem Blatte vorhandenen Algen nicht bewirkt. Die Grünalgen hatten die Blattspitzen der genannten Pflanzen massenhaft bewohnt. Die Ansammlungen bilden keine eigentlichen Häute und lassen sich leicht abheben. Es handelte sich namentlich um folgende Algen: Cystococcus humicola Näg., Protococcus botryoides Kg., Pleurococcus vulgare Menegh., Pl. vulgare var. typicus Schr., Pl. miniatus Näg.

Das gerade Gegentheil findet man in der Beschaffenheit der Lager von unbestimmt gebliebenen Confervaceen, Coleochaeten (Bulbochaeta [?]) und von Chroolepus velutinum Kg., welche dem Blatte dicht angeschmiegte Flecken geringer oder grösserer Ausdehnung von parenchymatischem Aussehen bilden, und je nach der Zusammensetzung dunkelgrün bis orangefarben erscheinen. Häufig gelangten zur Beobachtung solche pseudoparenchymatische Lager, welche sicher aus Chroolepideaen bestanden, nach der Umgrenzung, welche ihnen Wille in Engler-Prantl's Pflanzenfamilien gab. Unter ihnen dürften verschiedene Arten der Gattung Chlorotylium vorliegen. Sie scheiden reichlich Gallerten und kohlensauren Kalk aus. Das letztere war namentlich in Wädensweil der Fall, wo das Leitungswasser besonders hart ist und pro 1 l 0,378 g Trockenrückstand besitzt, wovon 0,279 g $CaCO_3$. Jedenfalls ist aber die Kalkausscheidung im „gemischten Bestande“ nicht annähernd so gross, wie bei Bedeckung mit Flecken centrischer Anordnung der genannten Algen. Von ihnen waren namentlich grössere Blätter von Ficus, Peperomia, Canna, Philodendron betroffen. Der Chroolepus der landwirthschaftlichen Schule in Zürich bildet zwar keine Gallerte, doch kommt bei ihm eine fast lückenlose Bedeckung zu Stande durch die dichte Stellung der unteren aneinander gerückten Theile der Alge, aus denen die Fäden entspringen, und die dichte Stellung wird noch erhöht durch die zwischen den weiter wachsenden gesunden, liegenden, todten Algenzellen.

Ein ganz anderes Aussehen besitzen die Lager von Cyanophyceen. Ueberwiegt Scytonema Julianum Menegh. und Tolypothrix Aegagropila Kg. var. coactilis Kg., so besitzt das Lager ein grobfaseriges Gefüge. Die zuletzt genannte Alge besass beiläufig bemerkt eine von den

gewöhnlichen Angaben etwas verschiedene Dicke der Scheiden. Während der Faden 12 μ breit und 7—12 μ lang ist, besitzt seine Gallertscheide eine Dicke von 2,4—3,2 μ; dasjenige Theilstück derselben, welches die Dauerspore umgibt, ist bis 4,8 μ dick.

Filzig ist der Rasen, wenn im Ueberzuge Arten der Gattung Phormidium das Uebergewicht erlangan, so namentlich Phormidium vulgare Kg. var. lutea Kg. Nur im botanischen Garten in Zürich erlangten solche dunklen bis schmutzig-grünen Lager der Cyanophyceen wie übrigens auch die grobfaserigen einige Ausdehnung.

Gallertige Lager und überhaupt die eigentliche verkittende Substanz bildeten folgende Algen: Leptothrix fontana Kg. und L. calcicola Kg. var. opaca Rabh. traten massenhaft auf und waren in mannigfaltiger Weise mit Oscillaria subtilissima Kg. und mit O. tenuis Ag. var. viridis Kg. verwoben, wie Fig. 2a Taf. XI, zeigt, während die schmierige Lager bildende O. Froelichii auf Blättern keine grosse Ausbreitung erlangte. Häufig fanden sich gleichfalls als Beimischung jedoch in grösseren Quantitäten vor: Merismopoedia elegans A. Br., Cylindrospermum macrospermum Kg., und in einigen Fällen Raphidium polymorphum Fres. Mehr oder weniger eingestreut und die Maschen ausfüllend kamen noch vor: Chroococcus helveticus Näg., der schon genannte Stichococcus bacillaris Näg., Gloeocapsa fenestralis, Aphanocapsa pulchra Rabh. Hierher ist auch Oscillaria subtilissima, wenn sie nicht den Hauptbestandtheil bildete, zu zählen.

Die befallenen Pflanzen.

Die Pflanzen, welche Algendecken auf ihren Blättern besassen, lassen sich in drei Gruppen eintheilen:

1. Pflanzen, denen eine eigentliche Oberhaut fehlt, oder solche mit einer unverdickten einschichtigen oder dünnwandig-mehrschichtigen Epidermis.

An Adiantum Capillus Veneris L. und an einigen anderen Arten und gärtnerischen Varietäten dieser Gattung bilden die Algen meist matte, hellere Flecken; das Blatt ist viel dunkler als die Decke und sieht in Folge dessen gesprenkelt aus. Die Species ist eine der vielen Pflanzen dieser Gattung, deren Blätter Absterbeerscheinungen zeigen. Es bräunen sich zunächst die Ränder der zu äusserst stehenden Blättchen, später die Spreiten aller Blättchen eines Wedels, der abstirbt. Das Absterben hält Schritt mit der Ausbreitung der Algen. Dicht hinter dem Blattrande, dessen Zellen mit nach aussen cuticularisirten Membranen versehen sind, tritt eine Bräunung auf, Fig. 1

Taf. XI. Die Unterseite des Blattes ist davon zunächst nicht betroffen. Auch der Zellinhalt erleidet Veränderungen, die Chlorophyllkörner entfärben sich und schwinden. In vielen Zellen ist keine Spur des Chlorophylls zu finden, wie in den Randzellen der Fig. 1 Taf. XI, andere sind fast leer.

Es lässt sich leicht feststellen, dass die braune bis schwarzbraune Färbung, in der Fig. 1 Taf. XI, durch dunkleren Ton wiedergegeben, nach innen, gegen die Spreite zu, vorschreitet. Die Wege, die sie einschlägt, sind die Rinnen über den Gefässbündeln, in welchen die Algen sich mit Vorliebe ansammeln. So folgt offenbar die Erkrankung dem Verlaufe des Gefässbündelsystems, und dies geschieht auch bei nur teilweise bedeckten Blättern. Die Wirkung ist nicht lokaler Natur, sondern sie besteht in einer allgemeinen Schwächung des Blattes. Noch augenfälliger zeigt sich dies an grossblättrigen Pflanzen wie Begonia, Higginsia u. a. m.

Nephrolepis exaltata Schtt., Fig. 2a und 2b Taf. XI, besitzt eine gut ausgebildete, wenn auch nicht stark cuticularisirte Epidermis. Die zwei Pflanzen in Wädensweil waren an der Decke aufgehängt; die Cyanophyceen fanden auf ihnen eine besonders reiche Entwickelung. Die Temperatur in dieser Höhe des Gewächshauses war 28—33 ° C. Die ausgewachsenen Blätter hingen herunter und wendeten hierbei ihre Unterseiten nicht selten nach oben. Auf den Blättern findet eine lückenlose gleichmässige Ausbildung der Algendecke auf beiden Seiten statt. Diese wird erleichtert durch das Uebergreifen der am Grunde der pfeilförmigen Fiedern befindlichen Zipfel. Die Fiedern sind ungleichmässig geöhrt und berühren einander in ähnlicher Weise wie die oberen Lappen der oberschlächtigen Rückenblätter von Frullania dilatata. Ausserdem berührt jede Fieder den Mittelnerven. Diese Berührungspunkte, vom Blattgrunde bis zur Spitze reichend, bilden zusammenhängende Flächen, welche alle Fiedern mit einander und mit dem Mittelnerven verbinden, und so wahre Brücken für die Algen auf beiden Seiten des Blattes herstellen. Hier überwogen die Cyanophyceen. Wer nur einmal die im feuchten Zustande filzige, im getrockneten aber pergamentartige Beschaffenheit der Ueberzüge der Cyanophyceen beobachtet hat, für den kann es keinem Zweifel unterliegen, dass ihre feste Anlagerung an beide Seiten des Blattes zur Erstickung führen kann. Ueber die Mächtigkeit der Algenschicht, ihr Verhältniss zur Dicke des Blattes vergleiche für Nephrolepis wie für andere Pflanzen Tabelle IV pag. 135. Die Schicht der Cyanophyceen ist hier wie bei anderen Pflanzen so dicht, dass, abgehoben und unter das

Mikroskop gelegt, sie fast keine Lücken zeigt. Es lassen sich bequem Stückchen von der Grösse eines halben cm^2 abheben; dies ist bei vermischten Beständen nicht in dem Maasse ausführbar. Die Algen bilden in kurzer Zeit die Decke wieder. Wiederholt wurden die Pflanzen durch Waschen und Abwischen von den Algen befreit, ihre welkenden und am stärksten befallenen Blätter entfernt. Nach 2 Wochen war die Decke ebenso mächtig wie vorher, nach einer weiteren Woche fanden sich die Algen schon in den Spalten vor. Durch die weiter gehende Vermehrung der Algen wurden die Athemhöhlen von ihnen vollständig erfüllt und schliesslich gesprengt, wobei die Schliesszellen nach aussen aus einander gerückt wurden (vgl. Fig. 2a Taf. XI). Eine solche Füllung der Athemhöhlen mit Algen kam hier sehr häufig vor, auch die Sprengung derselben liess sich mehrere Male beobachten. Die Algen sind gewiss im Stande, in die Spalten aller hängenden Blätter und solcher Blätter anderer Pflanzen einzudringen, deren Unterseite nach oben gekehrt ist. Solche Blätter, welche eine Mauer berühren, besitzen gleichfalls häufig auf ihrer Unterseite Algendecken, worauf noch hinzuweisen bleibt. — Bei mässig bedeckten Blättern sind die Spaltöffnungen gewöhnlich frei von Algen, offenbar werden die letzteren passiv in die Oeffnung hineingedrängt. Nur selten konnte ein Eindringen an einem fast unbedeckten Blatte beobachtet werden, wie in Fig. 2b Taf. XI, wo Fäden einer Oscillaria, die nicht bestimmt werden konnte, in die Spaltöffnung eines völlig gesunden Blattes eindrangen. In welchem Grade das Sprengen des Spaltöffnungsapparates am Welkwerden des Blattes betheiligt ist, entzieht sich der Beurtheilung.

Pteris nobilis, Pt. lineata, Pt. serrulata und Pt. argyreia (Gärtnernamen) besitzen eine ziemlich dünne, bei Pt. lineata etwas gewellte, auf beiden Blattseiten meist Chlorophyll führende Epidermis. Das Blatt ist etwas derber als bei den bisher beschriebenen Farnen, und die Pflanzen leiden nicht so sehr wie diese. Die Algen verbreiten sich im Uebrigen über das ganze Blatt wie bei anderen Pflanzen, gelangen bei günstiger Lage auch auf die Unterseite und führen zum Verschluss und Sprengung der Athemhöhle. Fig. 3 Taf. XI, zeigt ein vorgeschritteneres Stadium dieser Ansiedelung, die in der Hauptmasse aus Arten der Gattung Pleurococcus, Cystococcus (?) und vereinzelten Zellen des Stichococcus besteht. Die ausgeschiedene Gallerte besass eine etwas körnigere Beschaffenheit als am Nephrolepis.

Anemia Phyllitidis Swtz. mit etwas dünnerem Blatt als Pteris, besass eine lückenlose Decke. Nur von den Stellen am Rande und an der Spitze konnten die Algen auf die Unterseite vordringen.

Die bisher besprochenen Pflanzen zeigten, in welcher Weise die Lage des Blattes und seine Form der Ausbreitung der Algen und der Schädigung durch dieselben Vorschub leisten. Begonien, welche wohl die grösste Schädigung durch die Algen erleiden, lassen eine andere, die Ansiedelung erleichternde Eigenschaft der Blätter erkennen. Es ist dies die verschiedene Oberflächengestaltung des Blattes, welche graduelle Unterschiede der Ansiedelung und der Schädigung bedingt. Dies ist an allen Pflanzen zu erkennen, am auffallendsten aber an Begonien. Nicht ohne Einfluss auf den ganzen Vorgang der Schädigung ist die zwar mehrschichtige, jedoch sehr dünnwandige Epidermis aller Begonien.

Die wenigen im Gewächshause vorhanden gewesenen hybriden Knollenbegonien Fig. 5 Taf. XI besitzen eine nackte und ganz ebene Blattoberfläche. Es findet an ihr fast gar keine Algenansammlung statt. Eine von der erwähnten nur wenig verschiedene Oberfläche zeigen Blätter der Begonia boliviensis A. DC., welcher sich verschiedene Varietäten der B. discolor R. Br., und B. Credneri anschliessen.

Einen Ansatz zu papillenartigen Erhöhungen zeigt die Epidermis der Oberhaut von B. Rex Ptz., wie z. B. die abgebildete Varietät Satin blanc (vgl. Fig. 6 Taf. XI). Hier entstanden ziemlich dicke zusammenhängende Algenschichten, welche ein Absterben der Blätter bewirkten. Bei allen Pflanzen ist der Absterbeprocess der gleiche. Der Blattrand wird von ihm zunächst ergriffen. Er ist manchmal fast in seiner ganzen Ausdehnung welk, ja schon trocken, während das Blatt weiter assimilirt. In zackigen Umrissen, die von den Nervenenden umschlossenen Blattstücke nach und nach ergreifend, schreiten die Welkerscheinungen gegen die Mitte des Blattes zu; häufig ist ein Drittel eines grösseren Blattes der Begonie todt.

Wohl den grössten Schaden erlitt B. smaragdina, namentlich die var. imperialis. Ist es von vornherein klar, dass Unebenheiten der Blattoberfläche jeder Art, wie bei Peperomien, Aechmea u. a. die Algen festhalten, so wird hier das System von Höckern, Papillen und Haarbildungen mit regelmässig quadratisch angeordneten Vertiefungen zu einem wahren Fangapparat für dieselben. Zudem gehören die Begonien und namentlich die genannte Varietät zu Pflanzen, die wie Cyanophyllum leicht benetzbare Blätter besitzen, was Wachsthum und Vermehrung der Algen fördert. Wie Fig. 8 Taf. XI zeigt, sind alle Vertiefungen mit Algen besetzt. Dort wo sie längere Zeit verweilten, liess der Grund des Trichters, in den die Vertiefung ausläuft, todte

Zellen, und wo eine grössere Anzahl solcher vorhanden war, Risse, die ziemlich tief ins Gewebe bis zur Chlorophyllschicht vordrangen, erkennen (vgl. Fig. 7 Taf. XI). Ob die Risse direct auf Wirkung der Algen zurückzuführen sind, mag dahingestellt bleiben. Da eine bei Begonienblättern häufige Korkbildung an solchen Stellen ausblieb, werden die Algen dem Blattgewebe wohl Stoffe entzogen haben.

Eine Pflanze, an der ich anfangs die grösste Schädigung wahrzunehmen glaubte, ist Higginsia Ortgiesi, deren Blätter eine regelmässige Rippenbildung zwischen den Seitennerven zeigen. Die befallenen Blätter waren kleiner, und die Papillen standen in ihrer Entwickelung zurück. Es waren dies Erscheinungen, welche bei weiteren Beobachtungen sich nicht in dem erwarteten Maasse bestätigten.

Wie schon andere Forscher fanden, sind längere Zeit auf Blättern von Piperpflanzen verweilende Algen schädlich. Die Blätter werden blassgelb, welken und fallen schliesslich ab. Zu erwähnen sind: Piper Tutokadsura Zucc., Peperomia Verschaffelti Lem., P. obtusifolia, P. argyreia Hort. In Bezug auf die Oberflächengestaltung des Blattes dürfen sie an die Begonien angereiht werden. Piper besitzt eine etwa 5 μ dicke Aussenmembran an der aus zwei Zellschichten bestehenden glatten, ziemlich widerstandsfähigen Epidermis. Auch die Epidermis der Unterseite ist ziemlich dick. Bei Peperomien findet sich an ausgewachsenen Blättern ein mächtiges Wassergewebe. Es kommt aber bei ihnen auch eine zwei Zellschichten dicke Epidermis vor, welche gleich den betreffenden Gebilden bei Begonien den Uebergang zu einem vielschichtigen epidermalen Wassergewebe darstellt.

Viele Peperomien besitzen napf- oder schüsselartige Blätter. In ihnen bilden die Algen weniger einen Ueberzug als körnige Ansammlungen, die um so mächtiger sind, je tiefer die Aushöhlung wie bei P. obtusifolia und P. argyreia. Die tiefste Stelle befindet sich bald in Nähe des Blattstieles, bald in der Mitte, bald am Ende des Blattes, was von der Stellung des Blattes gegen den Horizont abhängt. Die Vertiefung ist stets feucht und dies bedingt eine grosse Vermehrung der Algen. Dreht man das am Rande häufig umgebogene Blatt um, so erhält man eine nach Art einer Hutkrempe kreisförmig laufende Vertiefung. Zwingt man das Blatt, in dieser umgekehrten Stellung längere Zeit zu verweilen, so kommt es in dieser Rinne nach 1—3 Wochen zu reichlicher Algenansammlung und Vermehrung.

In dem regenreichen Sommer 1897 wurden ausser Peperomien auch Blätter von Begonien und einigen Arten von Pteris in eine solche umgekehrte Stellung gebracht, und an allen kam es zur Bildung einer

reichlichen Algendecke. Unter feuchter Glocke im Laboratorium gehalten, wuchsen auf Peperomia-Blättern vorhandene Bruchstücke von Fadenalgen zu grösseren Fäden heran; es waren Confervaceen.

Zum Schlusse mag Centradenia rosea erwähnt werden, welche durch ihre ein- bis mehrschichtige Epidermis sich den eben erwähnten Pflanzen anschliesst. Es kommt auf ihr zur reichlichen Deckenbildung, obgleich die Oberhaut fast keine Unebenheiten aufweist. Fig. 9 Taf. XI zeigt eine Decke von Protococcaceen mit mächtiger Gallertausscheidung. Der zugefügte Schaden ist nicht beträchtlich.

2. Pflanzen mit ein- bis mehrschichtiger Epidermis, an denen die schädigende Wirkung der Bedeckung sich in den meisten Fällen nicht feststellen lässt.

Vergleicht man die hier aufgeführten Pflanzen mit den Begonien, so scheint hervorzugehen, dass eine mehrschichtige, dünnwandige Epidermis vor Schaden nicht schützt, dass aber eine einschichtige jedoch verdickte Schutz gewährt (vgl. Tab. IV). Doch sind mehrere Factoren hier im Spiele.

Die Aracee Rhodospatha heliconifolia Schtt. nimmt hier die erste Stelle ein. Im Blattbau ist die Pflanze dem Philodendron ähnlich, doch besitzt sie eine dickere Aussenmembran der Epidermis mit papillenartigen Erhebungen auf beiden Seiten des Blattes. Sie war in der Nähe der Gewächshauswand gepflanzt und ihre Blätter berührten den mit allerlei Algen reichlich überwachsenen Kalksinter derselben. Dem Umstande ist es zuzuschreiben, dass die Algen auch auf die Blattunterseite gelangten und einen Spaltenverschluss bewirkten (Fig. 4 Taf. XI). Neben Cystococcus kamen hier häufig die aus der Zeichnung als zu den Gattungen Gloeocapsa und Aphanocapsa gehörenden vor. Der Spaltenverschluss kam häufig vor. Das Sprengen der Spalte wurde nicht beobachtet. Trotz reichlichen Ansammlungen war der Schaden kaum bemerkbar.

Auf den hier folgenden Araceen siedelten sich die Algen ebenso massenhaft an. Pothos aurea, welche bis 7,5 μ dicke Wände der eine Zellschicht besitzenden Epidermis aufweist, besitzt keine Einrichtung zum Festhalten der Algen. Eine reichliche Bedeckung ohne nachweisbaren Schaden zeigten Steudnera colocasifolia und Epipremmum mirabile nebst verschiedenen Arten der Gattung Canna. Aehnliche Verhältnisse wiederholen sich bei Aglaeonema commutata mit ihrer fast ebenen Blattfläche und der circa 5 μ dicken, cuticularisirten Aussenwand der Epidermis. Bei gleich grosser Ausbreitung der Algen hatte auch die Acanthacee Ruellia Decaisneana DC. mit ihrer rauhhaarigen und dicken Epidermis keinen Schaden erlitten. Es waren

an ihren Blättern die Unterseiten stark bedeckt. Die Scitaminacee Hedychium Gardnerianum Rsc. hält das Wasser an dem verdickten Blattende und am Blattrande etwas zurück und mit ihm auch die Algen, welche auch auf die Unterseite gelangen. Die Blätter des Croton irregulare waren häufig mit ihrer Unterseite nach oben gerichtet, auch leistet die Stellung der jüngeren Blätter der Ansiedelung überhaupt Vorschub. Doch konnte an ihr kein Verschluss der Spaltöffnungen beobachtet werden. Massenhafte und unschädliche Ansammlungen zeigten ferner die durch keinerlei Einrichtungen besonders geschützten Blätter der Goethea cauliflora, Mühlenbeckia rotundifolia und die Bulben von Maranta Kerchoviana Morr.

3. Pflanzen mit gut entwickelter verdickter Epidermis mit starken Cuticularschichten oder mit einem Sklerenchymgewebe ausgestattet.

Zweifellos steht der erlittene Schaden in directer Beziehung zur Beschaffenheit der Epidermis. Allein die Wirkung der Algen hängt noch von anderen Umständen ab. Es konnte bei manchen in dieser Beziehung aufs Beste ausgestatteten Pflanzen ein merklicher Schaden festgestellt werden, der ausser von der Lage der Blätter, von der Zeitdauer der Bedeckung und dem näher nicht zu präcisirenden Grade der individuellen Empfindlichkeit abhängen mag.

So besitzen z. B. ältere Blätter von Chamaerops humilis L., Cycas revoluta und C. circinalis, Cyperus alternifolius, Pandanus utilis Bry. und P. Veitchi, Latania bourbonica und z. Th. auch Phoenix dactylifera hängende Blattspreiten oder einzelne hängende Fiedern. Häufig sind Blätter wie bei Cycas und Chamaerops, deren Spitzen auch unter normalen Umständen absterben. Nach jeder Besprühung werden die Algen von der ganzen Spreite gegen die Spitze geschwemmt, wo sie sich auf beiden Seiten zu meist bröckeligen, recht ansehnlichen Schichten ansammeln (vgl. Tab. IV). Bei verschiedenen der genannten Pflanzen waren fast reine Culturen von Cystococcus humicola und Protococcus botryoides, in einigen Fällen von Chroolepus velutinum vorhanden. Gewöhnlich ist die Blattspitze auf einer Strecke von 1—3 cm mit Algen vollständig bedeckt. Häufig ist ein Theil des unteren Spreitentheiles nach oben gewendet; sehr häufig ist die Unterseite rauher als die Oberseite. So besitzt Pandanus u. a. m. auf der Unterseite regelmässig verlaufende mit glatten Stellen abwechselnde Reihen von Höckern und Vorsprüngen der Epidermis, die in verschiedener Weise gekrümmte Enden besitzen. Es kommt hier zur Bildung von eigentlichen Höhlen in der Epidermis, wozu auch die über den Spaltöffnungen gelegenen Vorhöfe zählen. Beide Arten

von Räumen sind mit Algen dicht erfüllt, eine Erschwerung des Gasaustausches bewirkend. Bei allen hier genannten Pflanzen schmiegen sich die Algen ganz dicht den Spaltöffnungen an. Wäscht man durch starkes Spritzen und gelindes Abreiben die oberflächlich gelegenen Algen ab, so kommt auf Quer- und namentlich auf Flächenschnitten von Pandanus utilis, P. Veitchi und Sabal umbraculifera die Verstopfung der Vorhöfe schön zur Erscheinung. Sie sind der Reihe nach mit Algen vollständig erfüllt; die Algen drangen in keinem Falle in die Spaltöffnungen vor, darin ähnlich den zu besprechenden Algendecken auf Coniferennadeln im Freien, was Fig. 10 Taf. XI (Pinus silvestris) auch für Pandanus veranschaulichen mag. Das Absterben der Blattspitzen von Pandaneen ist eine bekannte Erscheinung. Wie mich der Augenschein lehrte, wird dieses durch die Algendecke beschleunigt.

Grosse Ansammlungen von Grün- und Blau-Algen, nebst Mischungen beider, zeigten verschiedene Araceen mit ihrer beiderseits 1—3schichtiger Epidermis und mässiger Entwickelung der Cuticularschichten. Es sind zu nennen: Philodendron erubescens, Ph. squarrosum, Ph. Selloum C. Koch und Ph. cordatum. Ihnen wären noch die verwandten Anthurium leodiense mit seiner 5 μ dicken Aussenmembran, der eine Zellschicht dicken Epidermis und A. Andraeanum beizufügen. Auf allen diesen grösseren Blättern siedelten sich unter anderen Oscillaria subtilissima, Leptothrix fontana, ein Phormidium und Bruchstücke der die ganze Wand im Gewächshaus des botanischen Gartens in Zürich bedeckenden Scytonema Julianum an.

Hier wären noch verschiedene Pflanzen mit „lackirten Blättern" zu nennen, nämlich Vertreter der zu Artocarpaceen gehörenden Gattung Ficus, denen sich Araliaceen mit Aralia anschliessen. Ficus barbatus, F. stipulata, F. repens verschiedener Gewächshäuser und wohl andere mehr waren von Algen reichlich bedeckt. Sie besitzen stark verdickte, 1—3 Zellschichten dicke, mit ca. 4 μ dicken bis sehr verdickter Cuticularschicht versehene Epidermis. An Ficus barbatus war eine auch bei anderen behaarten Pflanzen auffallende Erscheinung sichtbar. Die derben Haare waren bis zur Spitze vollständig mit Algen bedeckt, was schon vom blossen Auge durch die matte Färbung zu erkennen war. Wie die Spreiten waren auch sie vollständig matt. Eine Aralia platanifolia des Gewächshauses in Bern mit ihrer sehr dicken Epidermis und bis 15 μ dicken Cuticularschicht ertrug ebenso wie die oben genannten Pflanzen ohne Schaden eine beträchtliche Algenbedeckung.

Die Dicke der Algenschicht allein vermag keinen Maassstab der Schädigung abzugeben. Treffen die Algen ein so gut ausgerüstetes Blatt wie das der Bromeliacee Aechmea discolor, so bleiben sie völlig wirkungslos.

Viel eher lässt sich das Verhältniss zwischen der Dicke der Algenschicht und des Blattes als ein solcher Maassstab für den verursachten Schaden benutzen, wie ich es in der Tab. IV zu zeigen versuchte.

Die Art der Einwirkung der Algendecken auf die Pflanzen.

Es wurde schon betont, dass die Algen, mit dem Wasser verschleppt, von den verschiedensten Stellen des Gewächshauses auf die Pflanzen gelangen. Man kann der Ausbreitung in wirksamer Weise entgegentreten durch Entfernung aller Mauerauskleidungen von Tuff und ähnlichem Material. Denn aus Tuff und Sinter lassen sich Algenkolonien nicht entfernen. Als Mittel gegen die Algen empfiehlt Schröder Anwendung von Schwefelblumen. Schröder und Merkel wandten zur Vertilgung von Algenansammlungen eine der gewöhnlichsten Süsswasserschnecken an (Planorbis corneus), welche die lästigen Algen verzehrte, wodurch „die gefährdete Pflanze gerettet war". Das Auftropfen des Wassers von den Glasdächern wird verhindert durch eine zweckmässige Heizeinrichtung; die Heizungsröhren sollten nicht unter, sondern „über dem Tisch" angebracht sein, wie es in grösseren Gewächshäusern geschieht. Sie werden an das der Mauer eingefügte Ende des Tisches gelegt und die heisse Luft streicht in diesem Falle einem Stück der Wand und dem Glasdache entlang und trocknet dieselben. — Im Uebrigen fehlen sichere Anhaltspunkte über die Ursache des zeitweise massenhaften Auftretens und Wiederverschwindens der Algen im Gewächshause — wie auch in den Tropen. Sicher erwiesen ist hingegen die Schädigung der Pflanzen des Warmhauses, namentlich der zartblätterigen, wie Adiantum, Begonia u. a. m. Ebenso sicher ist es, dass ihre Wirkung keine locale ist, sondern in einer allgemeinen Schwächung der Assimilation und Transpiration besteht. Auch an den am dichtesten besäten Blattstellen sind keine lokalen Veränderungen zu bemerken, und der allgemeine Einfluss auf das Blatt wird nach folgenden Richtungen hin zu untersuchen sein:

1. Er kann sich geltend machen durch die hohe Aufnahmefähigkeit der Algengallerten für Wasser (und gelöste Stoffe). Sie könnten aus dem Blattinneren die genannten Stoffe entziehen.

2. Er kann sich bemerkbar machen durch die Verdunstung des

von den Gallerten aufgenommenen Wassers, welche eine Verminderung der Transpiration zur Folge hat;

3. und durch den Lichtentzug und der damit verbundenen Beeinträchtigung der Assimilationsthätigkeit.

Die Aufnahmefähigkeit der Algengallerten für Wasser wurde schon von Nägeli und Hofmeister erforscht, die für Nostoc- und andere Gallerten auf 1 Theil 200 Theile aufgenommenes Wasser angaben. Sollten die Algen dieses Wasser zum Theil den Blättern entziehen? Um die Frage zu entscheiden, muss man die Mengen des von den Algen überhaupt aufnehmbaren und des durch die Blattoberseite in gleicher Zeit abgegebenen Wassers kennen, vgl. Tab. I. Um die Wasseraufnahme der Gallerten festzustellen, wurden die sorgsam ohne Verletzung der Blätter abgehobenen Decken auf einer Uhrschale gesammelt und unter die feuchte Glocke bei Zimmertemperatur gestellt; vorher wurden die Algen durch Erwärmung im Trockenschrank auf 60 ⁰ getödtet. Die Gallerten erleiden dadurch keine Einbusse der Aufnahmefähigkeit. Für die Tab. II pag. 130 wurden die Algenquantitäten auf 100 cm^2 berechnet. Der Wechsel des Quantums des aufgenommenen Wassers muss auf die wechselnde Zusammensetzung der Decke zurückgeführt werden; es bleibt auch nicht weiter zu erörtern, ob es sich um eigentliche Quellung, Imbibition oder vielleicht auch chemische Bindung handelt. Die Wasseraufnahme blieb hinter der erwarteten zurück, wenn sie auch in einzelnen Fällen über 150 % der bei 60 ⁰ getrockneten Substanz betrug, vgl. Tab. I pag. 129.

Es war auch von Wichtigkeit zu erfahren, ob die Algen das Wasser ebenso leicht abgeben, als sie es aufgenommen hatten. So hatte das Algenquantum von Nr. 4 in Tab. II = 0,055 g, nachdem es durch Wasseraufnahme nach 48 Stunden ein Gewicht von 0,112 g besass, nach 52stündigem Aufenthalt im Exsiccator ein Gewicht von 0,057 g. Liess man die gleichen Algengallerten noch einmal Wasser aufnehmen und dann bei einer Temperatur von 18—22 ⁰ an der Luft unvollständig zugedeckt liegen, so wogen sie, durch die Luftströmung schneller als im Exsiccator getrocknet, nach 24 Stunden 0,055 g; sie waren herbartrocken. Ganz ähnlich verhielt sich Nr. 5 = 0,024 g, dessen Algen nach 48stündiger Wasseraufnahme 0,045 g wogen und, an der Luft liegend, in gleicher Zeit auf ihr ursprüngliches Gewicht zurückgingen. — Im dampfgesättigten Raume des Gewächshauses findet eine solche Wasserabgabe wohl nur in beschränktem Maasse statt; das einmal aufgenommene Wasser wird längere Zeit festgehalten. Daraus geht aber schon mit einiger Wahrscheinlichkeit hervor, dass der Wasser- und

Tabelle I.

Algendecke auf	Gewicht der Algen nach dem Trocknen bei 60°	Gewicht der Algen nach 24std. Aufenthalt unter feuchter Glocke	Gewicht der Algen nach 48std. Aufenthalt unter feuchter Glocke	Gewichtszunahme in % des Ueberzuges von 60° nach 24std. Aufenthalt etc.	Gewichtszunahme in % des Ueberzuges von 60° nach 48std. Aufenhalt etc.	In grösserer Menge in der Decke vorhandene Algenspecies
1. Ficus barbatus . . .	0,007 g	0,010 g	0,016 g	42,8 %	128,5 %	Pleurococcus vulg., Cystococcus humicola
2. Begonia gen. Satin blanc.	0,011 g	0,025 g	0,028 g	127,2 %	154,5 %	Pleurococcus vulg., Oscillaria subtilissima
3. Nephrolepis exaltata .	0,047 g	0,065 g	0,101 g	38,3 %	114,9 %	Oscillaria subtilissima, O. tenuis Merismopoedia elegans, Pleurococcus
4. Algengemisch von Ficus stipulata, Begonia spec. und Nephrolepis exaltata	0,055 g	—	0,112 g	—	103,6 %	Wie bei 1, 2 und 3 nebst Stichococcus bacillaris u. Chroococcus helveticus
5. Algengemisch von Pteris nobilis und Aglaeonema commutata . .	0,024 g	0,040 g	0,045 g	66,6 %	87,5 %	Pleurococcus vulg., Cystococcus humicola, Protococcus botryoides, Merismopoedia, Gloeocapsa, Aphanocapsa pulchra
		Aufgenommenes				
	0,089 g (resp. 0,144 g)	H_2O : 0,051 g	H_2O : 0,158 g	57,3 %	109,7 %	

Stoffentzug durch die Epidermis wohl nur ein geringer sein wird. Es zeigt sich aber, dass die Ausbildung der Epidermis, der Cuticula und der subepidermalen Schichten, resp. das Fehlen einer Epidermis (Adiantum) Schritt zu halten scheinen mit der Grösse der Schädigung. Es lassen sich nur die in dieser Beziehung gleichartig beschaffenen Pflanzen vergleichen, und auch diese nicht ohne Vorbehalt. Gerade bei zartblättrigen Pflanzen wird die Decke z. B. am meisten die Assimilation und Transpiration beeinflussen können. Es ist aber nicht unmöglich, dass die chemische Verwandtschaft der Gallerten zu den sauren Bestandtheilen des Zellinhaltes eine diosmotische Wanderung befördert. Mit Phenolphtalein und Lackmus konnte wiederholt die schwach alkalische Reaction der Algengallerten, auf welche Klebs aufmerksam machte, constatirt werden.

Nach alle dem scheint die Decke durch ihre Wasseraufnahme keinen grossen Einfluss auf die Pflanzen auszuüben. Um dies mit einiger Sicherheit zu erweisen, wurde zunächst das auf 100 cm² Blattfläche befindliche Algenquantum und dessen Aufnahmefähigkeit ermittelt, vgl. Tab. II.

Tabelle II.

	Flächeninhalt des Blattes in cm²	Lebendgewicht des Blattes	Algen vom Blatt abgenomm. bei 60° getrockn.	Algen trocken bei 60° pro 100 cm² Blttflch.	Von den Algen resp. ihren Gallerten aufgenommenes H_2O pro 100 cm² Blattfläche nach 24 Stdn.	48 Stdn.
1. Zwei Fiedern von Nephrolepis exaltata, beiderseits bedeckt . . .	7,1	0,106 g	von einer Seite abgenommen: 0,007	auf einer Seite: 0,0986 → auf beiden Seiten: 0,1972 →	0,0493 → 0,0986 →	0,0986 0,1972
2. Ein ausgewachsenes Blatt von Begonia	194,5	8,479 g	0,043	0,0221	0,0110	0,0221
3. Ein mittelgrosses Blatt von Peperomia argyreia .	27,9	—	0,011	0,0394	0,0197	0,0394
4. Philodendron erubescens . . .	105,3	—	0,016	0.0151	0,0075	0,0151

Da hier in Nr. 1 und 2 trockene Blätter des Herbars vorlagen, so wurde die Wasseraufnahme nicht in allen Fällen direct bestimmt, sondern

hiezu die genauen Ermittelungen der Tab. I benutzt. Sie wurde zu 50 % für 24 und rund 100 % für 48 Stunden vom Trockengewichte angenommen. Auf 100 cm^2 Blattfläche befinden sich 0,0151 bis 0,0986 g Algen und Gallerte, welche in 24 Stunden 0,0075 bis 0,0493 Wasser aufnehmen. Diese Quantität muss mit der durch die Transpiration der Oberseite abgegebenen verglichen werden. Nach den Angaben Garreau's verhält sich die Transpiration der Oberseite zu derjenigen der Unterseite wie 1 : 2, wie 4 : 5; doch sind diese Verhältnisse ebenso wie seine absoluten Zahlen heute unbrauchbar. Kohl findet nach meiner Umrechnung auf 100 cm^2 und für 24 Stunden die Transpiration bei Tradescantia zebrina 0,07, bei Funkia ovata 0,19; Detmer ermittelt das Verhältniss der Transpiration der Oberseite zur Unterseite bei Begonia als 1 : 6,933. Offenbar wurde auf das Entwickelungsstadium der Blätter hierbei keine Rücksicht genommen. v. Höhnel gab in seinen vorzüglichen Untersuchungen über die Transpiration eine Kritik der älteren Versuchsanstellung, doch liefert er keine bestimmten Angaben über die Transpiration der Oberseite. Bei einer Nachprüfung früherer Forschungen findet v. Höhnel je nach der Versuchsanstellung an gleicher Pflanze (Coleus Blumei) Unterschiede wie: 1 : 4,6 und 1 : 8. — Ich nahm seine Forschungen zur Grundlage für die folgenden Berechnungen. Aus den Zahlenreihen über: Cucurbita Pepo, Juglans regia, Ulmus campestris, Tilia parvifolia, Acer tataricum, Soja hispida, Philadelphus coronarius, Brassica oleracea, Beta vulgaris wurde ein Auszug gemacht und die erhaltenen Resultate pro 1, 24 und 48 Stunden und eine Blattfläche von 100 cm^2 berechnet, vgl. Tab. III. Bei der grossen Verschiedenheit der Transpirationsgrösse war es nicht möglich, eine bestimmte Pflanze zur Vergleichung heranzuziehen. Es wurde darum der Durchschnitt aus den Transpirationsgrössen gebildet und die Transpiration der Oberseite im Minimum als $^1/_{10}$, im Maximum als die Hälfte der Gesammttranspiration der genannten Pflanzen angenommen. Die gefundenen Grössen überschreiten nicht die in der Litteratur vorhandenen Zahlenangaben. Hierdurch soll kein Urtheil über die Grösse der cuticulären Transpiration gefällt, sondern ein der Wirklichkeit nahe kommendes Vergleichsmaterial gewonnen werden.

Das erste Maximum v. Höhnel's fällt hier ausser Betracht, da es die Transpirationsgrösse der unentwickelten Blätter angibt. Nimmt man (vgl. Tab. III) zum Vergleiche das Minimum, d. h. Angaben über ein Stadium der Blätter, in dem nach diesem Forscher „die cuticuläre Transpiration schon eine im Verhältniss zu ihrer ursprünglichen Grösse geringe ist,“ und „die stomatäre eben beginnt ausgiebig zu werden,“

Tabelle III.

Verhältniss des von den Algen aufgenommenen zu dem von der Oberseite abgegebenen Wasser wie 1 zu	Von den Algengallerten pro gleiche Zeit und Fläche aufgenommenes Wasser	Transpiration in 24 Stunden und 100 cm² Blattfläche								
		I. Maximum			Minimum			II. Maximum		
		Gesammttranspiration	Transpiration der Oberseite, angenommen als ½ der Gesammttranspiration	Transpiration der Oberseite, angenommen als $^1/_{10}$ der Gesammttranspiration	Gesammttranspiration	Transpiration der Oberseite, angenommen als ½ der Gesammttranspiration	Transpiration der Oberseite, angenommen als $^1/_{10}$ der Gesammttranspiration	Gesammttranspiration	Transpiration der Oberseite, angenommen als ½ der Gesammttranspiration	Transpiration der Oberseite, angenommen als $^1/_{10}$ der Gesammttranspiration
1,3; 6,5; 8,9; 11,3; 15,7; 23; 44,8; 74,5	0,0075 bis 0,0493	1,766	0,883	0,176	0,672	0,336	0,067	1,118	0,559	0,111
		Transpiration in 48 Stunden und 100 cm² Blattfläche								
1,3; 2,2; 8,8; 11,3; 14,7; 44,5; 68,6; 74	0,0151 bis 0,0986	3,532	1,766	0,353	1,344	0,672	0,134	2,236	1,118	0,223

ferner das zweite Maximum, in welchem die stomatäre Transpiration die cuticuläre überflügelt hat, so ergibt sich Folgendes: Im besten Falle verhält sich das von den Gallerten in 24 Stunden aufgenommene Wasser zu dem cuticulär durch die Oberseite abgegebenen wie 1:1; in den häufigsten Fällen wie 1:10 bis 1:74. Das durch die Algen aufgenommene Wasserquantum bildet also meistens einen verschwindend kleinen Theil des cuticulär transpirirten. Die Algen sind zudem nicht auf die Blätter angewiesen, sondern ziehen ihren Wasservorrath aus der feuchten Atmosphäre des Gewächshauses.

Wie schon erwähnt, wäre es möglich, dass einen Stoffentzug die häufige alkalische Reaction der Algendecke bedingt. Allein hier stellt sich diesem muthmaasslichen Stoffentzug der Umstand in den Weg, dass nur auf ausgewachsenen Blättern sich merkliche Algenansammlungen vorfinden, bei solchen Blättern aber die Durchlässigkeit der Cuticula sehr gering ist. Das mir zu Gebote stehende Material reichte zu weiteren Untersuchungen nicht aus.

Uebt die Algendecke durch directen H_2O-Entzug keinen Einfluss auf die cuticuläre Transpiration aus, so wird sie die Gesammt-Transpiration merklich beeinflussen, denn wenn eine kurzzeitige Besprühung der Blätter eine Erniedrigung der letzteren bewirkt, so wird dies um so mehr durch eine stets feuchte Bedeckung stattfinden müssen. Dazu kommt noch, dass die Algen in hohem Maasse die Ausbreitung des Wassers auf der Oberfläche der Blätter befördern. Auf abgeschnittenen befallenen Blättern, deren Decken im Zimmer etwas eintrocknen, wird das tropfenweise zugesetzte Wasser in 1—3 Minuten vollständig aufgesaugt; die Decken von Begonien, Nephrolepis und Pteris liessen dies besonders schön erkennen. Die Algengallerten saugen das Wasser so schnell auf wie ein Löschblatt. Trocken sind sie hellglänzend, im nassen Zustande matt und dunkler. Uebrigens wirkt hier die Configuration der Blattfläche mit, wie es Stahl für Cyanophyllum nachwies.

Trotzdem konnten mittelst der Cobaltprobe keine übereinstimmenden Resultate erhalten werden. Es konnten natürlich nur die Unterseiten zur Vergleichung dienen. Die Blätter mit der Algendecke führten die Röthung schneller herbei, die Farbenänderung war gleichmässiger als bei den ohne Algen. Bei diesen trat sie später auf. So verhielten sich die Blätter von Ficus repens, Rhodospatha heliconifolia, Begonia smaragdina und Pteris. Es wurden möglichst gleich alte Blätter gewählt und die Auswahl bereitete Schwierigkeiten. Zu weiteren Versuchen fehlte das Material. Regelrechte Versuche über Beeinflussung der Transpiration und Assimilation durch Algen lassen

sich nur dort anstellen, wo die Pflanzen unter natürlichen Bedingungen wachsen. Stahl schliesst aus dem Augenschein in Buitenzorg auf schädigende Aenderungen der Transpiration und Assimilation, und es finden sich in der Litteratur darüber nur beiläufige Bemerkungen. Obgleich meine Beobachtungen keine Schlussfolgerungen nach dieser Richtung gestatten, ist es doch sehr wohl möglich, dass die Pflanzen gegen die Algenansiedelung reagiren. Goebel und Karsten wiesen bei ähnlichen Ansiedlern Einrichtungen an die epiphytische Lebensweise nach und es werden die Blätter der Pflanzen feuchter Standorte ihrerseits gegenüber den Ansiedlern wohl nicht unthätig bleiben.

Im Weiteren beeinflussen die Algen die Pflanzen durch ihre dichte Stellung, durch ihre Masse, indem sie den Blättern Licht entziehen. Je dicker die Algenschicht im Verhältniss zur Dicke des Blattes, um so grösser der Lichtentzug. Um dieses Verhältniss genauer zu ermitteln, wurden verschiedene Messungen der Blätter und ihrer Algendecken aus den Gewächshäusern von Wädensweil, Zürich, Bern und dem kleinen Gewächshause des königl. Parkes in Monza vorgenommen und die Resultate in der Tabelle IV pag. 135 zusammengestellt. Die Ordnungszahlen, die vor den Pflanzennamen stehen, sollen die Grösse der Schädigung ungefähr andeuten: 1 ist der grösste, 10 der geringste Schaden. Nur solche Pflanzen wurden aufgenommen, welche eine, wenn auch wenig dicke, doch zusammenhängende Decke besassen. Diese ist in ihrem Minimum und Maximum aufgeführt, und die in Klammern befindlichen Zahlen hinter den Pflanzennamen zeigen die Abnahme der maximalen Dicke der Algenschicht.

Der durch die Algendecken verursachte Schaden nimmt mit der Dickenzunahme des Blattes, der Dicke der Epidermis und der Cuticularschichten ab. Es ist aus der Zusammenstellung Tab. IV nicht zu ersehen, ob bei gleich dicker Epidermis eine verschieden dicke Algenschicht Unterschiede des „Schadens“ feststellen lässt; doch ist dies wahrscheinlich. Je mehr das Verhältniss der Dicke der Algenschicht zur Dicke des Blattes der Einheit sich nähert oder gar grösser als 1 ist, um so grösser wird der Lichtentzug und der zugefügte Schaden sein. Bei der grossen Verschiedenheit im Blattbau kann von Proportionalität keine Rede sein. Auch die mächtigste Algenschicht vermag keinen Schaden zu verursachen, wenn sie auf ein Blatt mit gut ausgebildeter Epidermis trifft, wofür Aechmaea, Philodendron und Rhodospathia den Beweis liefern, während allerdings die ziemlich gut geschützte Anemia Phyllitidis bei schwacher Bedeckung einen merklichen Schaden erleidet.

Tabelle IV.

	Blattdicke in μμ	Dicke der Algenschicht in μμ	Durchschnittliches Verhältniss der Dicke der Algenschicht zur Dicke des Blattes		Anmerkung
			im Minimum	im Maximum	
1. Adiantum Cap. Veneris (6) . . .	84—121	24—61	$^1/_{4,2}$	$^1/_{1,6}$	starker Schaden
2. Nephrolepis exalta (2)	121—194	70—170	$^1/_{52}$	$^1/_{0,9}$	starker Schaden
3. Begonia spec. (Satin blanc) (5) .	211—352	70—253	$^1/_{42}$	$^1/_{1,4}$	starker Schaden
4. Pteris spec. (3)	121—170	24—121	$^1/_{29}$	$^1/_{1,2}$	schädigend
5. Anemia Phyllitidis (10)	206—220	5—36	$^1/_{85}$	$^1/_{11,8}$	merklich schadend
6. Rhodospatha heliconifolia (7) . .	206—243	12—36	$^1/_{18}$	$^1/_{6,1}$	kein Schaden
7. Philodendron pertusum (4) . . .	281—423	70—352	$^1/_{4}$	$^1/_{1,2}$	kein Schaden
8. Aechmea discolor (1)	352—746	140—195	$^1/_{11}$	$^1/_{0,6}$	kein Schaden
9. Pandamus Veitchii (8)	circa 500	24—72	$^1/_{20,8}$	$^1/_{6,8}$	kein Schaden
10. P. utilis (9)	do.	17—72	$^1/_{100}$	$^1/_{6,8}$	kein Schaden

Ebenso grosse Schwankungen liess der directe Nachweis einer Beeinträchtigung der Assimilation mittelst der Jodprobe von Sachs erkennen. Leider war auch hier das Vergleichsmaterial nicht in wünschenswerther Menge vorhanden. Es wurden womöglich gleich alte Blätter mit möglichst dichter Bedeckung ausgesucht, und sie dienten manchmal auch zu Versuchen über Transpirationsdifferenzen. Es ergaben sich bei der Auswahl gleich alter Blätter manche Unzukömmlichkeiten. Von einigen konnten die gegenüberliegenden Fiedern oder Blätter des gleichen Stieles oder Zweiges genommen werden. Ein Theil des Untersuchungsmaterials wurde von Algen sorgsam befreit und 1—2 Wochen lang gut gewaschen, während der andere Theil bedeckt blieb. Die Versuche wurden regelmässig zwischen 2 und 3 Uhr Nachmittags an hellen Tagen des August 1896 und Juli bis September 1897 an Pflanzen des Wädensweiler Warmhauses ausgeführt. Häufig ist nur die Unterseite vergleichbar, da die Algen nebst ihren Gallerten die Oberseite matt-weisslich erscheinen lassen.

Tabelle V.

Blätter	mit Algendecken	ohne Algendecken
Begonia smaragdina var. imperialis	1. s. wenig Stärke 2. 0 bis s. wenig Stärke 3. s. wenig Stärke 4. s. wenig Stärke	1. reichlich Stärke 2. reichlich Stärke 3. s. reichlich Stärke 4. s. reichlich Stärke
Begonia Rex.	1. reichlich Stärke 2. s. wenig Stärke	1. reichlich Stärke 2. s. reichlich Stärke
Nephrolepis exaltata .	1. 0 bis reichlich Stärke 2. 0 bis reichlich Stärke	1. reichlich bis s. reichlich Stärke 2. reichlich bis s. reichlich Stärke
Pteris cretica	1. 0 Stärke 2. s. wenig Stärke 3. 0 Stärke	1. s. wenig bis reichl. Stärke 2. reichlich Stärke 3. s. wenig Stärke
Ficus repens	1. 0 bis s. wenig Stärke 2. 0 bis s. wenig Stärke 3. s. wenig Stärke 4. s. wenig Stärke 5. 0 Stärke 6. 0 Stärke	1. s. wenig bis reichl. Stärke 2. s. wenig bis reichl. Stärke 3. 0 Stärke 4. 0 Stärke 5. s. wenig Stärke 6. s. wenig bis reichl. Stärke
Ficus barbatus	s. wenig Stärke	0 Stärke

In Tab. V konnten für Nephrolepis, Ficus repens, Pteris cretica und Begonia smaragdina in einigen Fällen je zwei durchaus mit einander vergleichbare Blätter benutzt werden; für Begonia machte die Auswahl überhaupt Schwierigkeiten, und für Ficus repens 2. und 3. waren die Blätter ohne Algen leider etwas jünger als die bedeckten. Bei Begonien ist die Erkennung des Farbentones nur auf der Unterseite möglich. Wenn auch im Allgemeinen die Blätter ohne Algen meist mehr Stärke enthielten, so zeigte doch Begonia Rex. 1 gar keinen Unterschied, Pteris cretica 3 keinen grossen, und die nicht mit aufgenommenen Rhodospatha und Pteris lineata und Pt. serrulata überhaupt keinen Unterschied. Bei Begonia Rex. 1 war die Schädigung trotzdem durch den Augenschein gegeben. An Ficus repens, Nephrolepis und Pteris war eine auf Erkrankung der Blätter zurückführbare Erscheinung zu erkennen. Die Flächenstücke zwischen den Seitennerven der bedeckten Blätter zeigten auf einem ziemlich gleich farbigen Grunde hellgelbe vereinzelte Flecken unregelmässigen Umrisses, welche gegen den Blattrand zu an Grösse zunahmen. Die unbedeckten Blätter zeigten im Gegentheil, wenn auch nicht durchgängig eine hellere Färbung in der Nähe der Seitennerven und eine dunklere in der Mitte der durch die Seitennerven begrenzten Flächen, nirgends aber Auftreten von Flecken an den mit der Jodlösung behandelten Blättern. Die Flecken können zurückgeführt werden entweder auf einen ungleichmässigen Verbrauch und Transport der Stärke oder auf eine directe, also doch locale Wirkung der quantitativ ungleichen Vertheilung der Algen. Die Bedeckung ist nämlich zwischen den Nerven resp. in grösster Entfernung von diesen am dichtesten. Im Uebrigen weiss man schon seit der Publikation von Sachs, wie sonst völlig gleiche und unter normalen Verhältnissen gewachsene unbedeckte Blätter sich verschieden verhalten können.

In seiner Arbeit über den Honigthau macht Büsgen auf die die Assimilation störende Wirkung des Russthaus aufmerksam, ohne genauere Angaben zu liefern. Es ist seitdem wahrscheinlich geworden, dass die den Algendecken ähnliche für unschädlich gehaltene Bedeckung der Rebenblätter mit Russthau die Pflanzen schädigt, indem sie deren Assimilation vermindert.

Anhang: Die Algendecken auf lebenden und todten Blättern im Freien.

Die Mitwirkung der Pilze, namentlich der Pyrenomyceten und Bacterien, an der Verwesung der abgefallenen Blätter ist seit Langem bekannt. Algen hatte man daraufhin nicht untersucht (vgl. jedoch

Reinsch, der Algen auf Gras und Carexblättern fand), obgleich auf fast allen abgefallenen Blättern im Schatten eine reichliche Algenansammlung sich bildet, die häufig dicker ist als die Blätter selbst. In einem vorgeschrittenerem Stadium der Zersetzung bildet sie häufig eine lückenlose Decke — vgl. Fig. 11 Taf. XI, welche ein solches Blatt von Agrostis stolonifera zeigt. Das Blatt lag nach Schätzung $1^1/_2$ Jahr auf der Erde und besass eine reichliche Gallertausscheidung der Algen. Wie an Pflanzen der Gewächshäuser halten auch hier die Unebenheiten der Epidermis und ihre Haarbildungen die Algen auf. Von solchen Stellen aus, die ihnen einenRückhalt gewähren, werden sie sich über das Blatt verbreiten. In dieser Hinsicht sind lehrreich die Unterseiten der Eichenblätter (vgl. Fig. 12 Taf. XI) und die Oberseiten der Blätter des Ahorns (Fig. 13 Taf. XI). Sie wurden zur Illustrirung gewählt, weil beide Pflanzen nicht zu den stark behaarten gehören und dennoch die Algen festzuhalten vermögen. Die geschützten Räume unter Haaren zwischen umgebogenen Blattstücken werden häufig vollständig ausgefüllt. Einen viel grösseren Rückhalt besitzen die Algen an Blättern des Ulmus, der Brennessel, der Cruciferen und vieler Compositen. Wenn auch die in Frage stehende Ansiedelung nur im Schatten der Bäume und den beschatteten Stellen der Gebüsche, Hecken u. s. w. zu beobachten war, so scheint sie mir doch der Erwähnung werth zu sein. Namentlich für den Stoffumsatz im Walde ist sie gewiss von entscheidender Bedeutung.

In verschiedenen Wäldern wie am Uetliberg und Zürichberg, an der Waid und in Affoltern bei Zürich, im Thiergarten und im Victoriapark in Berlin, in Grunewald, in schattigen Schluchten und an Mauern wurden solche schon vom blossen Auge sichtbaren Bedeckungen beobachtet. Ausser den genannten waren abgefallene Blätter von Syringa vulgaris, Acer campestre, Robbinia Pseudacaccia, Prunus Padus, Prunus spec., Laurus spec., Philadelphus coronarius, Rubus spec., Mespilus Germanica und Crataegus spec. von Algen bewachsen, und es bleibt wahrscheinlich kein abgefallenes Blatt von ihnen verschont. Untersucht man einzeln die Lagen der auf der Erde liegenden Blätter, so kann man sich leicht davon überzeugen, dass in Bezug auf die Mengenverhältnisse die Algen den Vorrang über die Pilze besitzen, obgleich diese durch die Ausbreitung des Mycels im todten Gewebe am Entzug der Stoffe einen lebhafteren Antheil nehmen können. Algendecken von solcher Ausdehnung bleiben gewiss nicht ohne Wirkung. Es findet ein langsam vor sich gehender, quantitativ nicht zu verfolgender Process des Auslaugens der Salze und wohl auch Aufnahme der Zersetzungsprodukte des Plasmas statt.

In unmittelbarer Nähe der Bäume, deren Rinden mit Algen häufig besetzt sind, überziehen die Algen auch lebende Blätter und Halme. Eine Bedeckung fand sich vor auf lebenden Halmen und Blättern von Holcus lanatus, Festuca rubra, Agrostis stolonifera und Poa pratensis. Die Algen folgen hier wie im Gewächshause jeder Vertiefung und füllen manchmal alle Rinnen eines Grasblattes aus. Es ist selbstverständlich, dass auch welke Grasblätter in der Nähe solcher Bäume von Algen befallen werden. Die Fig. 11 Taf. XI zeigt eine solche Ansiedelung, welche übrigens derjenigen auf lebenden Blättern vollständig gleicht. Von Interesse war es zu erfahren, ob bei uns auch Blätter an Bäumen befallen werden. Eigentliche Decken fand ich nicht vor. Als ich auf der Jahresversammlung der schweizerischen Naturforsch. Gesellschaft in Bern eine kurze Mittheilung über den Gegenstand der vorliegenden Arbeit brachte, machte mich Herr Prof. E. Fischer auf einen in seinem botanischen Praktikum zufällig beobachteten Fall des Vorkommens von Algen in den Vorhöfen der Nadeln von Pinus aufmerksam. Ich untersuchte die Nadeln der unteren mit der Hand gerade erreichbaren Zweige von Pinus Cembra, P. montana und P. silvestris und fand die Thatsache vielfach bestätigt. Fig. 13 Taf. XI stellt den Querschnitt einer solchen Nadel von P. silvestris dar. Die Thatsache hängt ohne Zweifel mit der Langlebigkeit der Nadeln zusammen. Auch in den Vorhöfen von P. montana fanden sich Algen vor, nicht aber in P. Cembra. Auf Flächenschnitten überzeugt man sich leicht, wie häufig die Algen die Vorhöfe füllen, und dies nicht nur an todten Nadeln, wo die Erscheinung überaus oft anzutreffen ist, sondern auch an lebenden. In keinem Falle sind aber die Algen in die Athemhöhlen eingedrungen, und dies aus dem Grunde, der auch für die Cycadeen der Gewächshäuser gilt, dass die Spalten wahrscheinlich überhaupt sich nicht öffnen. Trotz der vollständigen Füllung der Vorhöfe wurden diese wohl wegen der verdickten Epidermiswände nicht gesprengt.

Schlussbemerkungen.

Die behandelten epiphytisch lebenden Algen sind nicht specifische Bewohner einer bestimmten Pflanze oder der Pflanzen überhaupt. Sie finden sich an den verschiedensten Stellen des Gewächshauses vor, und gelangen von dort nach und nach auf die Blätter.

Die Ursachen des Auftretens und Verschwindens der epiphytischen Algen sind sowohl für die Tropen wie für das Gewächshaus fast unbekannt.

Die verschiedene Oberflächengestaltung der Blätter lässt graduelle Unterschiede des Befallenseins und der Schädigung erkennen, was an Begonienblättern am überzeugendsten sich darthun lässt. Die Lebensdauer, die Lage, Grösse und Form der Blätter leisten der Ansiedelung in mannigfacher Weise Vorschub.

Wo die Umstände dazu günstig sind, bedecken die Algen auch die Unterseite und dringen dann in die Athemhöhlen ein. Sie vermehren sich in diesen und können sie sprengen, wie an Nephrolepis gezeigt wurde. Die Algen werden wohl meist passiv durch die überstehende Decke eingezwängt, in die Athemhöhle gelangen.

Die Schädigung ist nicht lokaler Natur, sondern besteht in einer allgemeinen Schwächung der Functionen des Blattes. Es scheint ein Zusammenhang zwischen der Dicke der Epidermis und dem Schaden zu bestehen. Wo, wie bei Adiantum, eine eigentliche Epidermis fehlt, ist der Schaden am grössten. Dünnwandige Epidermis scheint auch in dem Falle, wenn sie mehrschichtig ist (Begonia), keinen Schutz zu gewähren, während Blätter mit einer einschichtigen aber dicken Epidermis (Ficus, Palmen u. a. m.) keine grosse Schädigung erfahren. Bei der grossen Verschiedenheit im Bau der Oberhaut lässt sich keine allgemein gültige Regel darüber aufstellen.

Die Algengallerten, welche 57—110 % ihres Trockengewichts Wasser aufnehmen können, entziehen den Pflanzen vielleicht Wasser und gelöste Stoffe durch die Oberhaut hindurch. Das von den Algen aufgenommene Wasserquantum bildet jedoch meistens einen verschwindend kleinen Teil des cuticulär transpirirten, verhält sich zu diesem im besten Fall wie 1:1, meistens wie 1:10 bis 1:74. Die Algengallerten sind zudem nicht auf die Blätter angewiesen, sondern decken ihren Wasserbedarf aus der feuchten Atmosphäre des Gewächshauses. Sie bewirken aber durch ihre ständige Gegenwart zweifellos eine Erniedrigung der Gesammttranspiration. Diese Wirkung wird noch dadurch erleichtert, dass die Algen die Ausbreitung des Wassers auf der Oberfläche des Blattes in hohem Maasse befördern. Inwiefern die alkalische Reaction der Gallerten an einem eventuellen Stoffentzuge mitwirkt, liess sich nicht ermitteln.

Die Algendecken entziehen den Pflanzen das Licht und schwächen dadurch ihre Assimilationsthätigkeit. Je mehr das Verhältniss der Dicke der Algenschicht zur Blattdicke der Einheit sich nähert, oder gar grösser als 1 ist, um so grösser ist der Lichtentzug und der zugefügte Schaden. Auch die mächtigste Decke vermag aber keinen Schaden anzurichten, wenn sie ein dickes und gut geschütztes Blatt

rifft (Aechmea, Philodendron u. a. m.) In einigen Fällen zeigte es ich aber, dass gut geschützte Pflanzen, wohl nur infolge einer ndividuellen Veranlagung, schon bei schwacher Bedeckung Schaden rlitten. Die Beeinträchtigung der Assimilation erfährt durch den Nachweis verschiedener Stärkemengen in bedeckten und unbedeckten Blättern mittelst der Sachs'schen Jodprobe eine nähere Illustrirung.

Wohl nicht mit gleicher Intensität wie in den Tropen, doch immerhin merklich betheiligen sich die Algen bei uns an der Zersetzung des abgefallenen Laubes. Sie füllen alle Lücken desselben aus, und entziehen ihm Salze und organische Verbindungen. Wo die Umstände dies erleichtern, befallen die Algen auch bei uns lebende Pflanzen.

Litteratur.

Büsgen, Der Honigtau. Biologische Studien etc. 1891, pag. 68.
Cohn, F., Ueber parasitische Algen. Beitr. z. Biologie d. Pflanzen. Bd. I. 1875.
Cunningham, On mycoidea parasitica. Transact. Linn. Soc. Ser. II. Vol. I. 1875.
Detmer, Pflanzenphysiol. Praktikum. 2. Aufl., pag. 181.
Frank, Krankheiten der Pflanzen. 2. Aufl., 1896, Bd. 2, pag. 520.
Garreau, Ann. sc. nat. III. série. Botanique. Bd. XIII, 1850, pag. 323.
Haberlandt I, Physiolog. Pflanzenanatomie. 2. Aufl., 1896, pag. 109.
— — II, Eine botanische Tropenreise. 1893, pag. 106.
Hansgirg, Prodomus der Algenflora von Böhmen. 1886—1893, Bd. II, pag. 57, 59, 74 und Nachtrag I. Abth., pag. 218.
Hennings, P., Die schädlichen Kryptogamen unserer Gewächshäuser. Gartenflora 1893, pag. 532.
Hassak, Unters. a. d. botan. Institut z. Tübingen. Bd. 2, 1886, pag. 476.
Hofmeister, Pflanzenzelle 1867, pag. 214.
Höhnel, v. F., Ueber den Gang des Wassergehaltes und der Transpiration etc. Wollnys Forschungen I. Bd., 1878, pag. 299.
Just, Phyllosiphon Arisari. Bot. Zeitung XL, 1882, Nr. 1—4.
Karsten, G., Unters. üb. Chroolepideen. Ann. du Jardin botanique de Buitenzorg. X. Bd., 1892.
Kerner v. Marilaun, Pflanzenleben. 2. Aufl., 1897, Bd. I, pag. 205.
Kirchner, Algenflora 1875.
Klebs I, Beitr. z. Kenntn. niederer Algenformen. Bot. Zeitung 39. Bd., 1881, pag. 249, 268 u. ff.
— — II, Symbiose ungleichartiger Organismen. Biolog. Centralblatt 1882.
— — III, Untersuchungen a. d. botan. Institut z. Tübingen. Bd. II, 1886, pag. 340 (alkal. React. etc.).
Kohl, Transpiration d. Pflzn. 1886, pag. 11.
Magnus, P., Botan. Zeitung. Bd. 36, 1878, pag. 487.
Möbius, M., Conspectus algarum endophytarum. La Notarisia vol. IV. 1891.
— — Ueber endophyte Algen. Biolog. Centralbl. 1891.

Montemartini, L., Schäden von Warmhauspfzn. dch. Protococcus caldar. Magn. verursacht. Zeitschr. f. Pfznkrankh. Bd. V. Heft X.
Nägeli, C., Stärkekörner 1858 (Pfznphysiol. Untersuch. Heft II), pag. 312, 333.
Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie. 2. Aufl., 1897, Bd. I, pag. 60, 62.
Reinsch, Botan. Zeitung 1879.
Schaarschmidt, J., Beitr. z. Kennt. d. activen und passiven Endophytismus, Klausenburg 1881 (ungarisch, nach Just's Jahresberichten).
Schröder, Br., Ueber die Algenflora schlesischer Gewächshäuser. Jahresber. d. Schles. Ges. f. vaterl. Cultur. 1894, Bd. 72.
Stahl I, Regenfall und Blattgestalt. Ann. du Jard. bot. de Buitenzorg Vol. XI. 1893, pag. 126—127.
— — II, Botan. Zeitung Bd. LI, 1893, pag. 145 u. ff.
— — III, Pflanzenschlaf und verwandte Erscheinungen, pag. 79, 83 u. 89.
— — IV, Einige Versuche über Transpiration. Bot. Zeitung 1894, pag. 130.
Tubeuf, v., Pfznkrankheiten dch. kryptogame Parasiten verursacht, pag. 557 u. ff. Berlin, 1895.
Warming, Oekologische Pflanzengeographie. pag. 215, 348.
Wille, Chroolepideae in Engler-Prantl's Pflanzenfamilien. Bd. I 2, pag. 97.

Figurenverzeichniss.

Fig. 1. Adiantum Capillus Veneris. Querschnitt durch ein Blatt. Die Algen sind ausgewaschen. Die Zellwände der Oberseite sind gebräunt, das Plasma geschrumpft und das Chlorophyll z. Th. verschwunden. 330/1.

Fig. 2a. Nephrolepis exaltata. Blattquerschnitt. Sprengung des Spaltöffnungsapparates. Gloeocapsa fenestralis gut zu erkennen. Vgl. Text. 250/1.

Fig. 2b. Nephrolepis exaltata. In die Spalte eindringende Oscillarien. 330/1.

Fig. 3. Pteris spec. Blattquerschnitt, wie in Fig. 2a ist die Athemhöhle von Algen erfüllt, welche jedoch keine Sprengung bewirkten. 250/1.

Fig. 4. Rhodospatha heliconifolia. Blattquerschnitt. 250/1.

Fig. 5. Die Blattoberseite einer Knollen-Begonie, die Ansiedelung zeigend. 330/1.

Fig. 6. do. der Begonia Rex (sog. Satin blanc.), deren Unebenheiten die Ansiedelung erleichtern. 330/1.

Fig. 7. Begonia smaragdina var. imperialis. Ein einzelner Hohlkegel mit Rissen an der Stelle der grössten Vertiefung. ca. 50/1.

Fig. 8. do. Querschnitt durch das Blatt. Alle Vertiefungen von Algen erfüllt; schematisch. ca. 20/1.

Fig. 9. Algendecke und Gallerte auf Cendradenia rosea. 100/1.

Fig. 10. Der Vorhof einer lebenden Nadel von Pinus silvestris, von Algen erfüllt. 250/1.

Fig. 11. Querschnitt durch ein in Zersetzung begriffenes Blatt von Agrostis stolonifera, an dem die Algen eine continuirliche Decke bilden. Schematisch. 250/1.

Fig. 12. Ein Haar der Unterseite des Eichenblattes, die Lücken zwischen ihm und der Epidermis von Algen erfüllt. 250/1.

Fig. 13. Ein Haar auf der Oberseite eines Ahornblattes, an das die Algen sich anlagern. 250/1.

Ieber Vernarbungs- und Prolificationserscheinungen bei Meeresalgen.

Von

Ernst Küster.

Hierzu 6 Textfiguren.

Die Untersuchungen, deren Resultate ich in den vorliegenden Zeilen zu veröffentlichen gedenke, wurden theils in der „Zoologischen Station des Berliner Aquariums“ zu Rovigno, theils in Berlin ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Danke Ausdruck zu geben, zu dem mich die Direction des Berliner Aquariums durch das mir geschenkte Wohlwollen verpflichtet hat. Dank ferner schulde ich Herrn Prof. Hieronymus für die gastfreie Aufnahme in den Räumlichkeiten des Berliner Algenherbars, sowie dem Custos der Rovigneser Station, Herrn Giovanni Kossel, der durch eifrige und verständnissvolle Unterstützung meine Studien förderte.

Zweck unserer Untersuchungen war, zu ermitteln, wie sich verschiedene marine Algen nach Verletzung ihrer Thalli verhalten, wie sie sich den durch Verstümmelung beigebrachten Verlusten gegenüber schadlos zu halten suchen. Aehnliche Ziele — obschon in ungleich weiterer Fassung — verfolgt die kürzlich veröffentlichte Arbeit von Massart: La cicatrisation chez les végétaux[1]). Gleichwohl hoffen wir, noch einige neue Beiträge für die genannten Fragen bringen zu können.

I.

Theoretisch die einfachsten Folgen, welche die Zerstörung der wachsthumsfähigen Theile für die Weiterentwickelung eines einfachen Algenorganismus, beispielsweise einer Fadenalge, haben könnte, wären die, dass nach Verstümmelung der Alge die äusserste, unverletzt gebliebene Zelle die Functionen der zerstörten Theile übernimmt, und der Organismus sein Wachsthum fortsetzt „als ob nichts vorgefallen wäre“. Diesem einfachsten Schema entspricht das Verhalten von Spirogyra, von Ectocarpus[2]) u. A.

---

1) Mémoires couronnés et autres mémoires de l'Acad. royale de Bruxelles. T. LVII, 1898.

2) Sauvageau, „Notes sur l'Ectocarpus (Pilayella) fulvescens“. Journal de Botanique Bd. X, 1896, pag. 172, Anmerkung 1.

Besonderes Interesse gewinnt die Frage nach der Heilung von Wundschäden, wenn es sich um einzellige Organismen, um Siphoneen handelt.

Ihrer Wichtigkeit entsprechend, ist diese Frage schon wiederholt behandelt worden.[1]) Wir wissen von mehreren Siphoneen, dass sich die durch Verwundung bloss gelegten Protoplasten schnell mit einer neuen Hülle umkleiden, für andere — wie Codium — ist von einer Fähigkeit, derartige „Vernarbungsmembranen" zu bilden, bisher nichts bekannt. Die dicken, unförmlichen Celluloseklumpen, die ich in Rovigno an verwundeten Udoteaschläuchen in grosser Anzahl beobachten konnte, legten mir die Frage nahe, ob die von Siphoneen gebildeten Vernarbungsmembranen nur deckende, schützende Eigenschaften zuzuschreiben oder ob sie auch wachsthumsfähig sind.

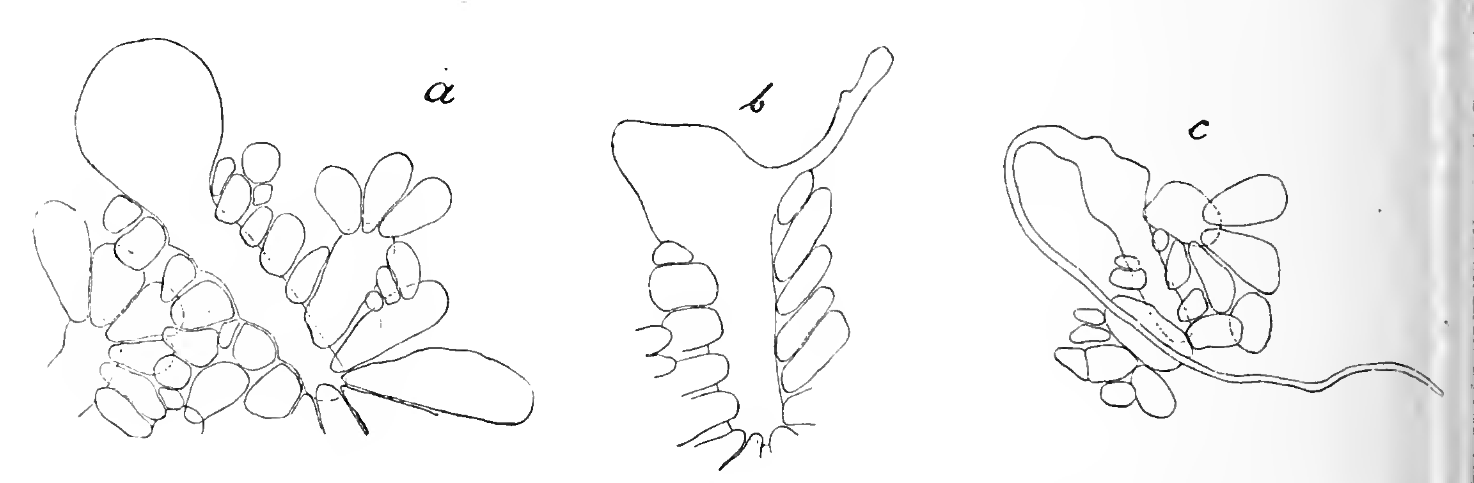


Fig. 1. Anadyomene stellata. *a*. Der Protoplast einer verletzten Zelle hat sich kugelartig hervorgebläht und mit einer neuen Membran umkleidet. *b* und *c*. Die „Vernarbungsmembranen" wachsen zu neuen Zellschläuchen aus.

Ein günstiges Versuchsobject für Untersuchungen in diesem Sinne fand ich in Anadyomene stellata, die mir in Rovigno reichlich zur Verfügung stand. Verstümmelt man eine Anadyomene mit scharfen Rasiermesserschnitten oder zerlegt man sie in schmale Streifen, so gehen die dabei verletzten kleinen Zellen sehr bald zu Grunde. Ihr Plasmagehalt fliesst aus, und die leeren Hüllen bleiben als todter Rest zurück. Die grossen, langgestreckten Cylinderzellen dagegen verhalten sich anders. Die Wunde des Primordialschlauches schliesst sich, und das Protoplasma quillt kugelförmig aus seiner Membranhülle hervor. Nach spätestens 24 Stunden ist eine neue Membran fertig gestellt (Fig. 1*a*).

---

1) Hanstein, Gesammelte Abhandl. Bd. IV, H. 2 („Reproduktion und Reduction der Vaucheria-Zellen"). — Klemm, „Ueber die Regenerationsvorgänge bei den Siphoneen", Flora 1894, pag. 19. — Küster, „Zur Anatomie und Biologie der adriatischen Codiaceen" ibid. Bd. LXXXV, 1898, pag. 185.

Ich habe wochenlang verletzte Thalli und neu umhäutete Protoplasten dieser Art cultivirt, ohne an den geheilten Zellen nennenswerthe Veränderungen zu beobachten. Wartet man geduldig, so sieht man schliesslich doch neues Wachsthum sich regen. An eng begrenzten Zonen wachsen die Vernarbungsmembranen zu englumigen, langen Schläuchen aus, die sich fast immer in der Richtung nach dem Thallus zurückkrümmen, sobald sie eine bestimmte Länge erreicht haben (Fig. 1*b*, *c*).

Mehr als dass den Vernarbungsmembranen die Wachsthumsfähigkeit nicht abgesprochen werden darf, ist hiermit freilich nicht bewiesen. An Halimeda habe ich die Anzeichen einer solchen Wachsthumsfähigkeit nur in vereinzelten Fällen beobachten können. Bei Udotea, deren dicke, substanzreiche Wundverschlüsse ich bereits erwähnte, habe ich niemals Aehnliches gefunden. Bei der Verschiedenheit, mit der sich Meerespflanzen an verschiedenen Standorten oft entwickeln, ist es gleichwohl möglich, dass unter andern Verhältnissen die Vernarbungsmembranen zart und wachsthumsfähig bleiben.

II.

Wird eine Luftwurzel von Renanthera an ihrer Oberfläche verwundet, so dass Velamen und Endodermis stellenweise zerstört werden, so tritt eine Regeneration der letzteren ein. Die blossgelegten unverletzten Zellen des Rindenparenchyms strecken sich in radialer Richtung, und an ihren Aussen- und Seitenwänden bilden sich die eigenartigen, hufeisenähnlichen Membranverdickungen, die für die Endodermiszellen der Luftwurzeln von Renanthera charakteristisch sind. Rindenzellen werden zu unverkennbaren Endodermiszellen, die sich von den zerstörten nur durch ihre Grösse unterscheiden.

Die Regeneration oberflächlicher Gewebeschichten nach Verletzung ist bei den höheren Pflanzen nicht gerade häufig. Ich erinnere an die trotz ihrer negativen Resultate so lehrreichen Versuche Tittmann's.[1])

Wie verhalten sich in diesem Punkte die Algen? Wie ich Massart's Abhandlung [2]) entnehme, ist eine Regeneration der kleinzelligen Rindenschichten bei den verschiedensten Roth- und Braunalgen zu beobachten: „Que ce soit une minime éraflure, une plaie pénétrante ou une coupure traversant l'organe d'outre en outre:

---

1) „Beobachtungen über Bildung und Regeneration des Periderms u. s. w." Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXX, pag. 116.

2) A. a. O. S.-A., pag. 13.

qu'elle atteigne le thalle aplati du Rhodymenia, ou les fines branches du Plocamium, le stipe arrondi des Laminaria ou leur large limbe, le petit disque végétatif de l'Himanthalia ou ses lanières fertiles, — la surface dénudée se revêt d'une couche de tissu assimilateur." — Es bildet sich eine Art „Vernarbungsgewebe", das in den angeführten Fällen die zerstörte Rinde ersetzt und anatomisch wie physiologisch ihr gleicht, in andern an die Calluswucherungen des Cambiums der Dicotyledonen erinnert, in noch andern wulstige Geschwüre darstellt, auf die wir später noch eingehend zu sprechen kommen werden.

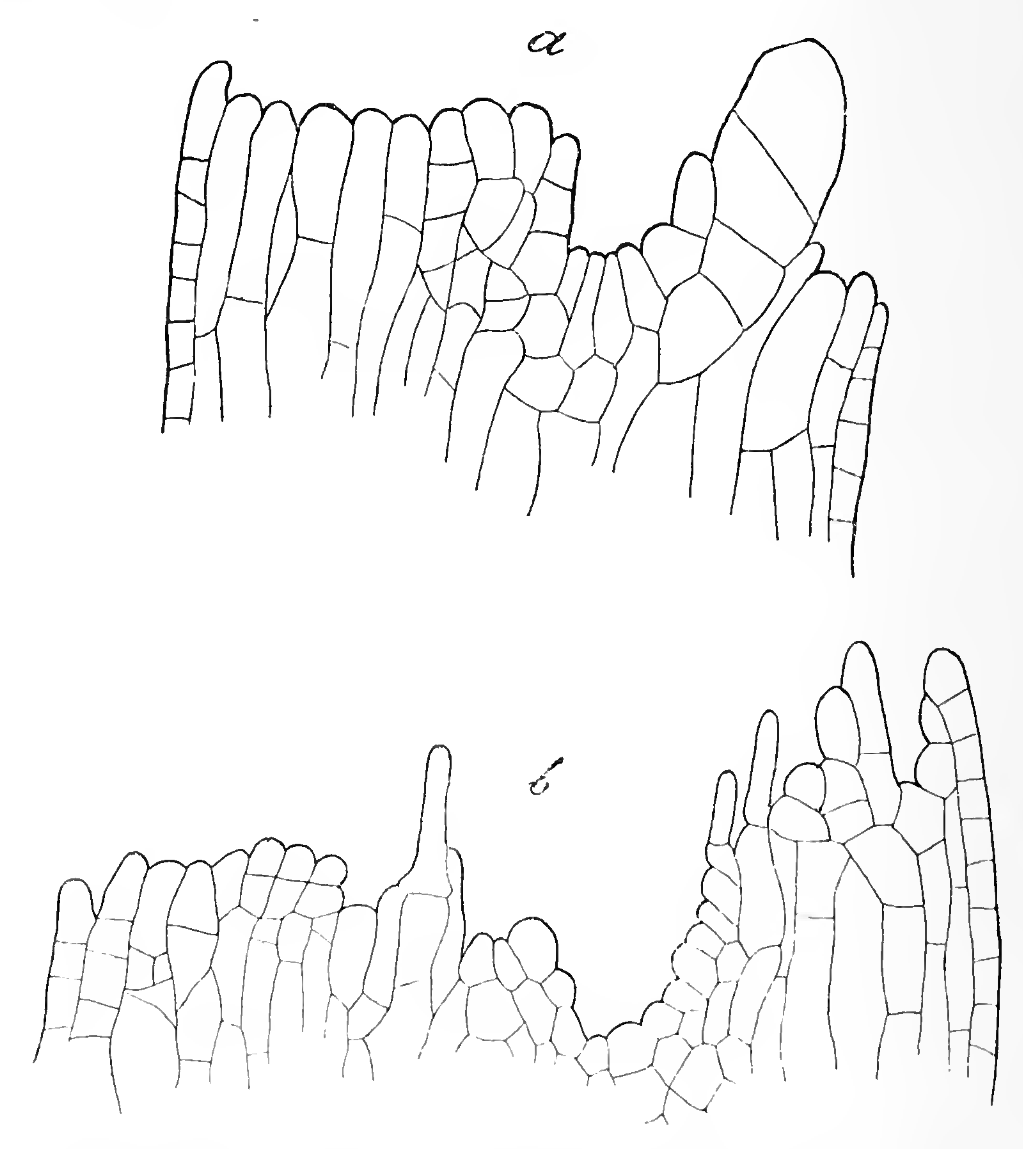


Fig. 2. Callusartiges „Vernarbungsgewebe" von Sargassum-„Blättern".

Eine Form des Vernarbungsgewebes, die den Vergleich mit Callusbildungen gestattet, lernte ich an Sargassum kennen. Werden die „Blätter" des letzteren verwundet — an jedem Exemplar findet man mehrere zerstörte Kurztriebe, — so wachsen die blossgelegten Zellen stark in die Länge und teilen sich durch unregelmässige Wände (Fig. 2).

Besonders auffällig ist die Bildung schlanker, isolirter Zellschläuche, die dem energischen Längenwachsthum einiger Zellen entsprechen und das Querschnittsbild einer Sargassumwunde oft sehr charakteristisch machen (Fig. 2*b*).

Ich möchte hiernach mich zur Schilderung einiger interessanter Gewebewucherungen wenden, die sowohl am Ostseestrande als auch am adriatischen Meere meine Aufmerksamkeit auf sich lenkten. Es handelt sich um knöllchenförmige Auswüchse an älteren Fucusstämmchen, deren Natur mir lange räthselhaft blieb. Ueber knöllchenartige Gewebewucherungen an Meeresalgen existiert nur eine zusammenstellende Arbeit von Schmitz[1]): „Ueber knöllchenartige Auswüchse an den Sprossen einiger Florideen". Untersuchungen an Cystoclonium, Chondrus, Prionitis u. A. führten Schmitz zu dem Resultat, dass an zahlreichen Florideen durch die Thätigkeit gewisser Bacterien gallenartige Geschwülste entstehen können. Ueber ähnliche Produkte an Phaeophyceen haben Valiante[2]) und Sauvageau[3]) Mittheilung gemacht. Valiante fand auf Cystoseira opuntioides „chiazze biancastre di circa 2 decimi di millimetro di diametro ed alquanto ricresciute sulla superficie circostante", die nach ihm durch einen parasitisch auf Cystoseira lebenden Ectocarpus hervorgerufen werden. Weit grössere „Gallen" fand Sauvageau an Cystoseira ericoides, den Schädling, der sie hervorruft, nannte er Ectocarpus Valiantei.

Es lag nahe genug, ähnliche Ursachen auch bei den von mir untersuchten „Missbildungen" zu vermuthen. Aber weder konnte ich in ihnen Bacterien finden, noch auf ihnen Epiphyten, die man des Parasitismus hätte verdächtigen können. In den meisten Fällen fanden sich überhaupt keine Epiphyten. Die Knollen, wie ich sie an dickeren Stämmchen von Fucus vesiculosus und F. virsoides fand, bestehen aus einem lockeren Hyphengeflecht, das nach aussen durch keinerlei Rindengewebe geschützt, vielmehr leicht der Verwitterung und Zerstörung ausgesetzt ist. Dem entspricht, dass die äussersten Schichten sich meist gebräunt und verfallen zeigten. — Häufig sind diese Gewebewucherungen keinesfalls. Obwohl ich — besonders in Rovigno — zahlreiche Fucusexemplare durchmusterte, konnte ich mich nur in den Besitz sehr weniger „Knöllchen" bringen.

Makroskopisch ihnen fast gleich, anatomisch ihnen ähnlich sind Wucherungen, die ich im Frühjahr 1898 in grosser Zahl an Fucus

---

1) Botanische Zeitung Bd. L, 1892, pag. 624.

2) „Sopra un Ectocarpea parasita della Cystoseira opuntioides — Streblonemopsis irritans". Mitth. a. d. Zool. Station z. Neapel. Bd, IV, 1883. pag. 489. Vergl. Engler-Prantl: Natürliche Pflanzen-Familien Bd. I, 2, pag. 189, Fig. 133.

3) „Sur quelques algues phéosporées parasites". Journ. d. Bot. Bd. VI, 1892, pag. 57.

virsoides fand. Viele der fructificirenden Thallusspitzen waren algenfressenden Schnecken oder algenzerstörenden Fischen zum Opfer gefallen und auf stummelartige Reste reducirt worden. An den Scaphidien der letzteren liessen sich überraschende Umwandlungen feststellen: statt der normalen, kraterähnlichen Einsenkung sah man plastisch vortretende Geschwülste, die sich zu apothecienähnlichen, in der Mitte schüsselförmig vertieften Gebilden ausgebreitet hatten.

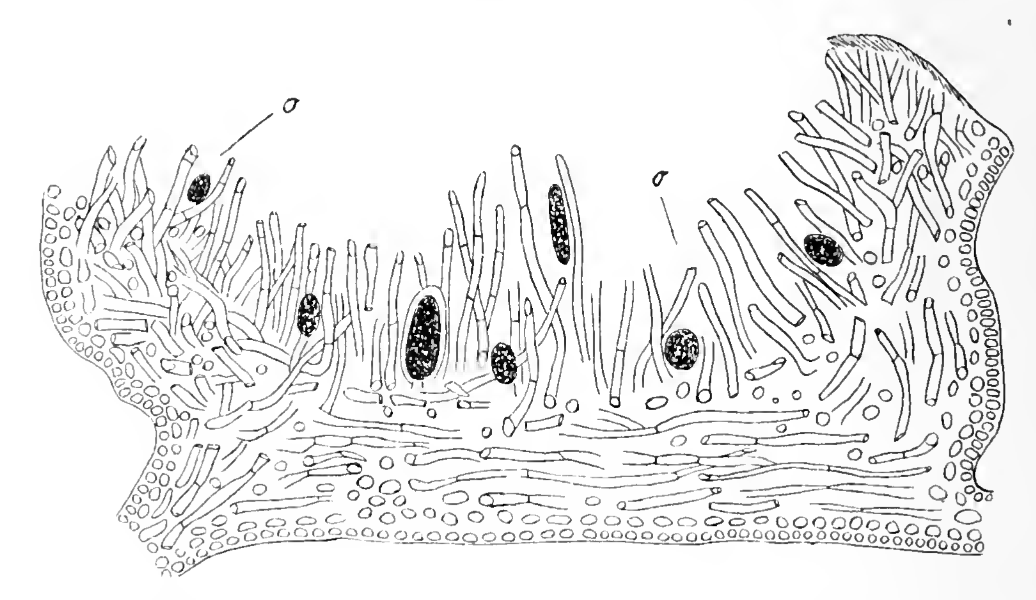


Fig. 3. Querschnitt durch eine aus den Scaphidien hervorgegangene Gewebewucherung von Fucus virsoides. — *o* Oogonien.

Fig. 3 zeigt den Querschnitt durch ein Apothecium dieser Art. Lockeres Hyphengeflecht hat den Boden der Höhlung gehoben, die Ränder sind stark aufgewulstet, die Oogonien weit über ihr ursprüngliches Insertionsniveau hinausgeschoben. Als beachtenswerth muss hervorgehoben werden, dass ich diese Geschwüre an allen verwundeten, fructificirenden Thallusenden, und nirgend anders als an ihnen gefunden habe. Der Zusammenhang zwischen vorausgegangener Verwundung und ihrer Entstehung scheint mir damit erwiesen. Gleichzeitig wird dadurch aber auch eine analoge Deutung der zuerst erwähnten Gebilde nahe gelegt. In der That glaube ich, dass alle von mir beobachteten knöllchenförmigen Auswüchse an Fucus vesiculosus und F. virsoides auf Verletzung des Thallus als ihre erste, wenn vielleicht auch nicht einzige Veranlassung zurückzuführen und als stark wucherndes „Vernarbungsgewebe" zu deuten sind. Beobachtungen von Halidrys siliquosa bestärkten mich in dieser Annahme. An verletzten Thallusstellen sind zuweilen kugelrunde Geschwülste von der Grösse einer Erbse zu finden, die aus dicht verflochtenen, kleinzelligen Hyphen bestehen. Anderes als Exsiccatenmaterial stand mir nicht zur Verfügung. Formlose Wucherungen bescheidenen Umfanges bilden den Uebergang zwischen diesen auffälligen, grossen

Kügelchen und der schwachen Vernarbungsschicht, deren Auftreten an den verletzten Stellen nicht überraschen kann.

Soweit ohne Experimente ein Urtheil über Entstehungsursachen gewonnen werden kann, glaube ich an der oben skizzirten Deutung der fraglichen Gebilde festhalten zu müssen.[1])

III.

Die wirksamste Art, die durch Verstümmelung beigebrachten Schäden zu heilen, ist die Prolification. Als Ersatz für den entrissenen Thallustheil lässt die Pflanze einen neuen, oder mehrere, oft sogar überraschend viele neue Thallustheile aus dem Stummel hervorspriessen. Für die höheren Pflanzen ist die gleiche Tendenz, die entrissenen Sprosstheile möglichst reichlich zu ersetzen, längst bekannt und gärtnerisch verwerthet. Jedermann weiss, dass die Knospen eines Zweiges zur Bildung von Seitentrieben angeregt werden, wenn der Zweig über ihnen abgeschnitten wird. Bei den niederen Pflanzen ist das Verhalten des Organismus nur insofern ein anderes, als bei ihnen Knospen, d. h. die für Bildung von Ersatztrieben reservirten Organe, meist fehlen. Die Arbeitstheilung der verschiedenen Gewebe steht bei ihnen eben noch auf einer primitiveren Stufe.

Wir wollen im Folgenden versuchen, uns über die Verbreitung und die verschiedenen Formen der Adventivtriebbildung bei den Algen Rechenschaft zu geben.

---

1) Wenn für Phaeophyceen bis jetzt erst so wenige gallenartige Wucherungen bekannt geworden sind, so liegt der Grund vielleicht nur darin, dass man ihnen zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt hat. Ich möchte bei dieser Gelegenheit einer auffälligen Monstrosität gedenken, die im Herbst 1898 an Dictyopteris polypodioides im Golf von Neapel auftrat. Geeignetes Untersuchungsmaterial verdanke ich der Güte des Herrn Dr. Bitter. An stark corrodirten Thallustheilen der genannten Alge fallen dunkelbraune, kugelige Wucherungen auf. Die mikroskopische Untersuchung lehrt, dass diese aus zahlreichen, vielzelligen, oft verzweigten Rhizoiden bestehen, die sich zu kugeligen Polstern verflochten haben. Aehnliche Bildungen geringeren Umfanges treten gelegentlich auch auf dem Laubtheil des Dictyopteristhallus auf. Ob auch diese Wucherungen mit Verwundung des Thallus in Beziehung stehen, wage ich nicht zu entscheiden. — Knöllchenartige Geschwüre, die ich nicht näher untersucht habe, erinnere ich mich auch bei verschiedenen Florideen des Berliner Herbariums an den Enden abgebrochener Thallusäste gesehen zu haben. Wenn gerade die Spitzen verstümmelter Thallustheile zu Trägern derartiger Bildungen werden, lässt sich die Vermuthung nicht unterdrücken, dass in diesen Fällen auch bei den Florideen die Verwundung — wenn nicht den einzigen, so doch — den ersten Anstoss zu ihrer Entstehung gegeben hat.

Die Algengattung, deren Prolificationen zuerst die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gezogen haben, ist Fucus, über die wir bei Kützing [1]) eingehende Mittheilungen finden. Kützing unterscheidet für Fucus drei verschiedene Arten der vegetativen Vermehrung — richtiger: der Adventivzweigbildungen: die „Fortpflanzung durch Keimknospen (propagula)“, „durch Ausschlagen des Tangkörpers (prolificatio)“ und „durch Schösslinge (turiones)“. Die letztgenannte Art unterscheidet sich von den anderen lediglich dadurch, dass es sich bei ihr um die von den Haftscheiben entspringenden Schösslinge handelt. Die beiden ersten hat Kützing nur auf Grund eines Beobachtungsfehlers von einander geschieden. Seine Ansicht, dass gewisse Prolificationszweige aus den Fasergrübchen des Fucusthallus hervorwüchsen, hat keine endgültige Bestätigung gefunden.[2])

Die Beziehungen zwischen Verstümmelung des Thallus und nachfolgender Prolification scheint Kützing gänzlich übersehen zu haben. A. a. O. pag. 127 lesen wir: „Jede Proles ist gleichsam als ein junges Individuum, das von der alten Pflanze lebendig geboren wird, zu betrachten, es hängt aber mit ihr noch eine Zeit lang zusammen, bis das Alte untergeht. Daher findet man nicht selten von solchen zusammengesetzten Individuen einzelne, bei denen die alte Pflanze zerfetzt oder zerfressen ist, während die jungen Proles kräftig und frisch vegetiren und oft sehr verschiedene Grösse haben“.

Eingehende Mittheilungen über die Wirkung der Verletzung und Verstümmelung auf Fucus und über die Entstehung der Proles finden wir in dem genannten Werk von Oltmanns, dessen Angaben ich nichts Neues hinzuzufügen habe.

Ueber das Verhalten zahlreicher anderer Meeresalgen beim Proliferiren sammelte ich in Rovigno eine Reihe neuer Beobachtungen. Einige beachtenswerthe Fälle sollen im Folgenden mitgetheilt werden.

---

1) Phycologia generalis, 1894, pag. 124 ff. — Ich will bei dieser Gelegenheit bemerken, dass ich die in den übrigen Tafelwerken niedergelegteu Beobachtungen über Prolificationen etc. nicht berücksichtigt habe. In der Mehrzahl der Fälle gaben die Abbildungen keine genügend sicheren Aufschlüsse über die Natur gewisser Adventivzweige. Ich hielt es daher für angebracht, nur diejenigen Publicationen zu berücksichtigen, bei welchen ein verständlicher Text über die Ansicht des Verfassers aufklärt.

2) Aehnliche Angaben hat Magnus veröffentlicht (Sitzungsber. d. Ges. naturf. Freunde in Berlin, 16. Jan. 1872), die durch Reinke („Beiträge z. Kenntniss d. Tange“, Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. X, pag. 341) und Oltmanns („Beiträge z. Kenntniss d. Fucaceen“, Bibl. bot. Heft XIV, pag. 75 ff.) widerlegt worden sind.

Von den Siphoneen verdient Codium tomentosum unser Interesse. Sein Thallus, der bekanntlich aus langen, dicht mit einander verflochtenen Zellschläuchen besteht, verzweigt sich dichotom. Bleibt ein oder bleiben beide Gabeläste im Wachsthum zurück, so entstehen häufig tricho- und polytome Verzweigungsbilder. Daneben treten noch andere Verzweigungen auf, die sich nicht dem dichotomen Schema einordnen lassen. Ein Theil derselben erklärt sich durch die Prolification, die der Verstümmelung des Thallus folgt. Aus einem Stummel sieht man nicht selten drei oder vier Adventivtriebe sich entwickeln. Innen an den Gabelungsstellen des Thallus stösst man ebenfalls häufig auf Adventivtriebe, deren Entstehung man auf Verwundung zurückzuführen hat. Gerade die Gabelungsstellen sind bei heftigen mechanischen Einwirkungen am ehesten Verletzungen ausgesetzt.

Das Auffällige dieser Prolificationen bei Codium tomentosum scheint mir darin zu liegen, dass eine Siphonee, die kein geschlossenes Zellengefüge besitzt, sondern mit ihren einzelnen, verflochtenen Fäden nur den Habitus der Algen mit solchem nachahmt, auch noch in einem anderen, physiologischen Punkte sich mit diesen berührt.

Uebrigens sind nicht alle Adventivtriebe bei Codium tomentosum auf Verwundung zurückzuführen. Häufig sieht man an einem Gliede des Thallus dicht neben einander eine grössere Anzahl von Seitentrieben sich entwickeln, die sämmtlich auf derselben Seite des Thallus stehen, sämmtlich in einer Ebene liegen und oft hahnenkammartig sich verbreitern. Vielleicht sind hierbei Belichtungs- oder Berührungsreize im Spiele.

Für Derbesia Lamourouxii werden von Hauck[1]) „büschelig proliferirende Aestchen" angegeben, die ich nicht aus eigener Anschauung kennen lernen konnte. Ob es sich, wie ich vermuthe, auch bei ihnen um Prolificationen handelt, zu deren Bildung die Verletzung eines Zellschlauches den Anstoss gegeben hat, muss unentschieden bleiben.

Für Dictyota ist die Bildung von Adventivtrieben bereits bekannt. Der Zusammenhang ihrer Bildung mit vorheriger Verwundung des Thallus lässt sich nicht bezweifeln. Besonders augenfällig ist er an denjenigen Exemplaren, bei welchen durch Schneckenfrass eine kleine Lücke im Thallus entstanden ist. An den angrenzenden Partieen finden sich fast regelmässig zehn, zwanzig und mehr Prolifica-

---

1) „Die Meeresalgen Deutschlands und Oesterreichs" pag. 476.

tionen. Jede Oberflächenzelle ist befähigt, die Mutterzelle eines neuen Schösslings zu werden.

Bei Dictyopteris erinnert die Bildung von Adventivtrieben an die für Fucus mehrfach beschriebenen Vorgänge. Auf mancherlei Eigenthümlichkeiten werden wir weiter unten noch zu sprechen kommen.

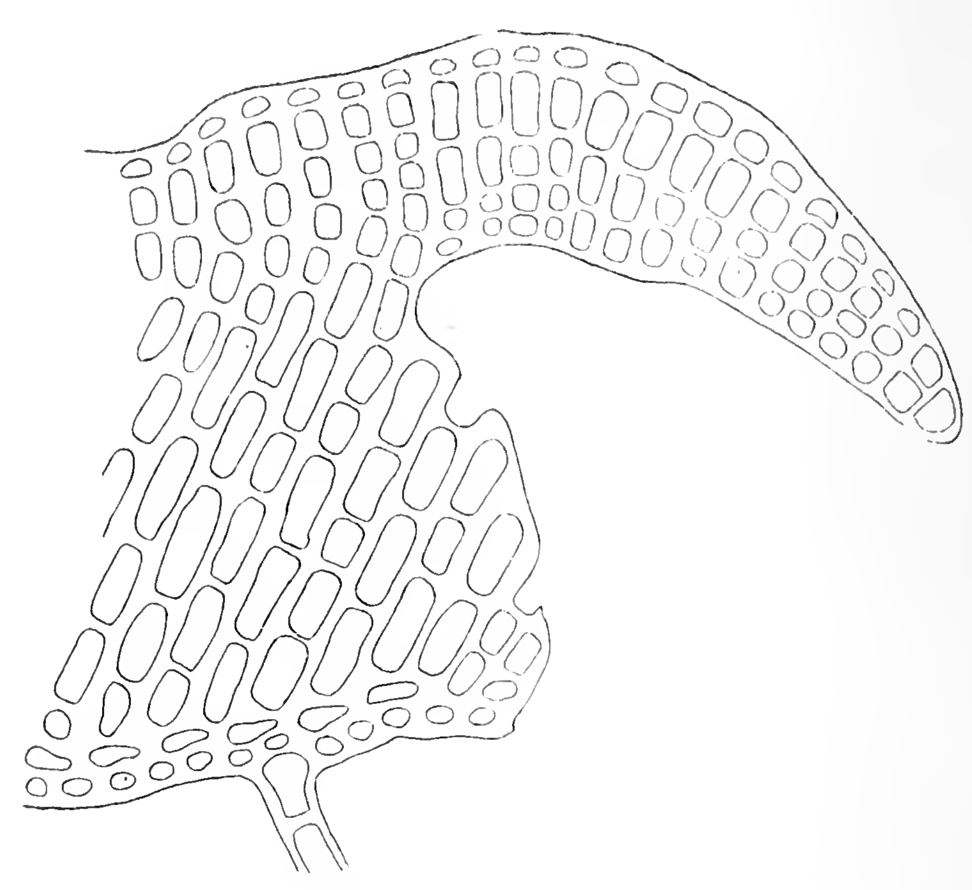


Fig. 4. Jugendlicher Adventivtrieb von Peyssonelia Squamaria im Längsschnitt.

Bei Peyssonelia bedarf es zum Auffinden der Prolificationen einiger Geduld. An Wundrändern, welche den Thallus in tangentialer Richtung treffen, findet man sie zuweilen als zungenförmige, schmale Zipfel. Fig. 4 zeigt einen solchen Adventivtrieb im Längsschnitt. Aus dem oberen Theil des alten Thallus sehen wir den neuen Trieb entstehen, dessen Gewebe zunächst noch keine dorsiventrale Differenzirung unterscheiden lässt.

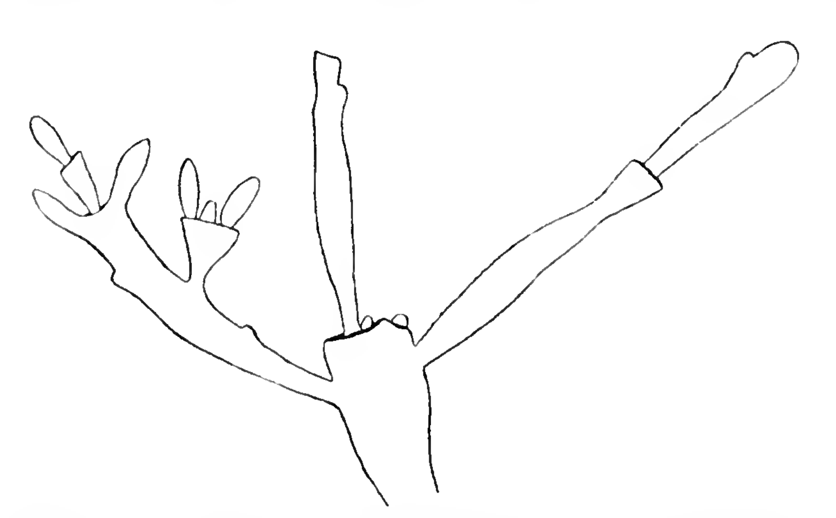


Fig. 5. Theil eines wiederholt proliferirenden Thallus von Gelidium capillaceum.

Interessant durch ihre Ueppigkeit sind die Schösslinge von Gelidium. An jeder Wundstelle bilden sich ein, zwei und noch mehr neue Triebe, die selbst alsbald wieder neue Schösslinge entwickeln, wenn ihre normale Weiterentwickelung durch abermalige Verwundung gestört wird. Normal entfaltete Gelidiumthalli gehören bei Rovigno,

wo ich sie vorzugsweise untersuchte, zu den Seltenheiten. Thalli, die sich nach den Spuren früherer Verwundungen in fünf, zehn oder zwanzig Etagen gliedern — etwa wie es der in Fig. 5 dargestellte Thallustheil zeigt — sind ungemein häufig.

Ich will nicht durch specielle Besprechung der verschiedenen Algen ermüden und ziehe es vor, einige allgemeine Fragen zu behandeln.

Um mich über die Verbreitung des Proliferirens nach Verwundung zu orientiren, fand ich kein besseres Mittel, als eine sorgfältige Durchsicht der Algenschätze des Botanischen Museums zu Berlin. Die folgende Liste will nicht für eine vollständige Aufzählung aller Algen gelten, die auf Verwundung mit Prolification reagiren, sondern nur die weite Verbreitung dieser Erscheinung im Algenreiche zur Anschauung bringen. — Durch ihre Grösse der makroskopischen Prüfung besonders leicht zugänglich sind viele Braunalgen. Bei folgenden stellte ich proliferirende Wundränder fest:

Chordariaceae: Castagnea, Cladosiphon, Mesogloia, Liebmannia, Chordaria.
Stilophoraceae: Stilophora.
Spermatochnaceae: Spermatochnus.
Sporochnaceae: Carpomitra.
Cutleriaceae: Cutleria.
Fucaceae: Himanthalia, Myriodesma, Fucus, Xiphophora, Pelvetia, Ascophyllum, Carpoglossum, Phyllospora, Cystoseira[1]), Halidrys, Cystophora, Seirococcus, Carpophyllum, Sargassum.
Dictyotaceae: Spatoglossum, Stoechospermum, Taonia, Zonaria, Dictyopteris, Dictyota, Dilophus.

Bei Untersuchung von Ectocarpus fasciculatus fand Sauvageau[2]) einen verletzten, Sporangien proliferirenden Zellfaden.

Aus der Gruppe der Florideen mögen folgende Beispiele genügen:

Bangiaceae: Porphyra (?).
Lemaneaceae: Lemanea.
Helminthocladiaceae: Nemalion.
Gelidiaceae: Gelidium, Pterocladia, Suhria, Porphyroglossum.

---

1) Auch die von Dodel Port („Biologische Fragmente" I) und von Valiante („Le Cystoseirae del Golfo di Napoli") beschriebenen Adventivtriebe werden vielleicht als Prolificationen in unserem Sinne zu deuten sein.

2) Sur quelques algues phéosporées parasites. Journ. de Botanique Bd. VI 1892, pag. 105 (tab. IV, fig. 35).

Gigartinaceae: Phyllophora, Stenogramma, Gymnogongrus.
Rhodophyllidaceae: Thysanocladia, Solieria, Areschougia.
Sphaerococcaceae: Curdiaea, Melanthalia, Trematocarpus, Nizymenia, Stenocladia, Calliblepharis, Gracillaria.
Rhodymeniaceae: Fauchea, Hymenocladia, Rhodymenia.
Delesseriaceae: Nitophyllum, Delesseria.
Rhodomelaceae: Amansia, Lenormandia, Laurencia.
Dumontiaceae: Dumontia.
Nemastomaceae: Nemastoma, Furcellaria, Halorachnion.
Rhizophyllidaceae: Polyides.
Squamariaceae: Peyssonelia (s. o.).

Für Polysiphonia und Ceramium ist die Entstehungsweise neuer Vegetationspunkte von Massart (a. a. O. pag. 11) beschrieben und abgebildet worden.

Die Liste bedarf keines Commentars. Nur darauf sei hingewiesen, dass es mir nicht gelang, bei den Laminariaceen, den Algen mit ausgesprochen basipetalem Wachsthum, Prolification nachzuweisen.

Die Intensität der Prolification ist bei verschiedenen Algen ausserordentlich verschieden. Bereits Oltmanns deutet bei Besprechung von Fucus und Halidrys diesen Unterschied an. Die Leichtigkeit, mit welcher Fucus und Pelvetia neue Triebe an verletzten Thallusenden zu Stande kommen lassen, steht unter den Phaeophyceen unerreicht da. Unter den Florideen ist Gelidium nebst der nahe verwandten Suhria gegen die Schäden wiederholter Verstümmelungen am unempfindlichsten. Eine ähnliche Lebenszähigkeit scheint auch — soweit Herbarmaterial zuverlässige Schlüsse gestattet — der Sphaerococcacee Carpomitra eigen zu sein.

Der Sitz der regenerirenden Kraft ist vornehmlich die Mittelrippe, wenigstens erreicht sie in dieser das Maximum ihrer Leistungsfähigkeit. Den bekanntesten und lehrreichsten Beweis dafür liefert das Verhalten von Fucus vesiculosus. Bei Fucus virsoides ist die Scheidung weniger streng, dasselbe gilt von Dictyopteris polypodioides.

Fast überall, wo eine Mittelrippe vorhanden ist, sehen wir aus ihr oder aus ihrer Nähe die Schösslinge entstehen. Oltmanns sagt bei Besprechung der Adventivsprosse von Fucus (a. a. O. pag. 77): „Ein Grund für das ausschliessliche Auftreten von Adventivsprossen an den hyphenführenden Geweben lässt sich nicht recht auffinden; vielleicht hängt das damit zusammen, dass die Sprosse auf der Laubfläche selbst keinen hinreichenden Halt finden würden, während in der Mittelrippe eine Verankerung der Adventivsprosse durch Hyphen

erfolgt, welche an der Basis derselben auftreten, wenn sie eine bestimmte Länge erreicht haben." Die Mittelrippe enthält, wie wir aus Wille's Untersuchungen [1]) wissen, nicht nur die mechanischen, sondern auch die leitenden Elemente des Thallus. Entgegen der Vermuthung Oltmanns' möchte ich es vorziehen, die Bildung der Adventivsprosse mit dem Vorhandensein der leitenden Gewebeelemente in Zusammenhang zu bringen. Dass die Entwickelung eines oder mehrerer neuer Schösslinge für den Organismus ein erhebliches Plus im Verbrauch plastischer Stoffe bedeutet, scheint ohne Weiteres einleuchtend. Von denjenigen Thallustheilen werden wir am ehesten die Regeneration der zerstörten Theile erwarten können, welche dem Leitungssystem besonders nahe liegen und zum Zweck umfangreicher Neubildungen aus erster Quelle schöpfen können. Auch bei den Marchantiaceen [2]) sehen wir nach Verstümmelung des Thallus die Adventivtriebe der Mittelrippe entspriessen. Bei ihnen werden wir noch weniger an die Nothwendigkeit einer mechanischen Verankerung zu denken haben, als etwa bei Fucus. Will man aus Begoniablättern neue Individuen züchten, so verwundet man jene an den Nerven. — In allen Fällen sind die Leitungsbahnen das Ausschlaggebende.

Noch einen anderen Punkt haben wir bei der Frage nach dem Sitz der regenerirenden Kraft zu berühren. Bei Fucus entstehen die neuen Triebe unmittelbar an der Wandfläche. Oltmanns' Untersuchungen haben sogar wahrscheinlich gemacht, dass die äussersten, intakt gebliebenen Füllzellen durch Wachsthum und Theilung die neuen Triebe zu Stande kommen lassen. Dass aber nur die äussersten unverletzten Zellen bei einer Verwundung zu Neubildungen angeregt werden, ist keineswegs durchgehends der Fall. Ich will die Beispiele nicht häufen und nur einige Fälle erwähnen. Dictyota reagirt auf Verwundung mit Bildung zahlreicher Adventivtriebe, die sich in der Nähe der Wunde aus beliebigen Oberflächenzellen bilden. Bei Dictyopteris sieht man ungemein häufig die Adventivtriebe nicht an den vernarbten Wundstellen selbst, sondern einige Millimeter von diesen entfernt auf der Mittelrippe entstehen. Auf zahlreichen arg verstümmelten Exemplaren habe ich diese Form der Prolification so häufig wiederkehren gesehen, dass eine voreilige Folgerung meinerseits

---

1) Bidrag til Algernes physiologiske Anatomi. (Svenska Vetensk. Akad. Handl. XXI, 1885).

2) Vgl. Vöchting, „Ueber die Regeneration der Marchantiaceen". Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XVI pag. 367.

betreffend den Zusammenhang zwischen Verwundung und Prolification ausgeschlossen erscheint. Bei manchen Individuen war diese Form der Prolification die einzige.

Dictyopteris gehört zu denjenigen Algen, deren Mittelrippe normaler Weise bereits — ohne vorausgegangene Verletzung — zur Bildung von Adventivtrieben befähigt sind. Wenn nach Verstümmelung des Thallus Adventivtriebe zur Entwickelung kommen, so hat demnach also die Mittelrippe durch die Verletzung keine neuen, vorher ihr fremden Eigenschaften oder Fähigkeiten gewonnen, sondern nur die ihr innewohnenden potentiellen Fähigkeiten actuell werden lassen. Ebenso wie Dictyopteris verhalten sich Delesseria u. v. A. Es frägt sich nun, ob vielleicht alle Algen sich hierin gleichen und beim Proliferiren durch Verwundung nur eine Fähigkeit zum Ausdruck bringen, die ihnen mehr oder weniger ausgesprochen auch vorher schon eigen war. Diese Frage ist zu verneinen. Als ein Beispiel statt vieler sei Gelidium genannt, dessen hohe Leistungsfähigkeit im Proliferiren wir bereits besprachen. Nach allem, was sich bei meinen Studien in Rovigno über Gelidium capillaceum in Erfahrung bringen liess, treten bei diesem Prolificationen nur nach Verwundung, niemals am unverletzten Thallus auf.

Wären unsere Kenntnisse über die Adventivtriebbildungen der verschiedenen Algen und Algengruppen weniger mangelhaft als sie es in Wirklichkeit trotz aller Bemühungen sind, so würden wir zwei Gruppen aufstellen können: die Vertreter der einen sind auch in unverletztem Zustand proliferirfähig und machen von dieser Fähigkeit besonders nach Verstümmelung Gebrauch (Dictyopteris u. A.), die anderen werden proliferirfähig erst durch und für den Fall der Verstümmelung. Vielleicht würde von solchen und ähnlichen Gruppirungen, die sich auf physiologische Merkmale gründen, auch die Systematik profitiren können.

Bei Fucus u. A. sind alle Theile des Thallus gleichermaassen proliferirfähig. Bei höher organisirten Fucaceen constatiren wir einen beachtenswerten Unterschied im Verhalten der Lang- und Kurztriebe: die verschiedenen Theile des Thallus sind ungleichwerthig in Bezug auf das Proliferiren. Sargassum proliferirt selten und dann nur bei Verletzung der Langtriebe. Die blattähnlichen Kurztriebe proliferiren niemals. Ich habe eine hinreichende Anzahl von Sargassumpflanzen hierauf geprüft, um für das Ausbleiben der Prolification an den „Blättern“ Gesetzmässigkeit in Anspruch nehmen zu können. An letzteren bildet sich bei Verwundung nur ein Vernarbungsgewebe.

Dasselbe Verhältniss finden wir bei Cystoseira, Carpophyllum u. A. Bei Phyllospora proliferiren auch die Kurztriebe. Eine durchgehende Regel für das Eintreten oder Ausbleiben der Prolification an den Lang- und Kurztrieben der Fucaceen lässt sich aus dem thatsächlichen Befund nicht abstrahiren, was bei der Mannigfaltigkeit der unter dem Sammelnamen „Kurztriebe“ zusammengefassten Organformen nicht überraschen kann. Böte sich Gelegenheit zur eingehenden Untersuchung der höheren Fucaceen, so liesse sich nach den angedeuteten Gesichtspunkten vielleicht eine prägnantere Umgrenzung des Begriffs der Kurz- und Langtriebe für die Fucaceen gewinnen.

Die Richtung einer Wunde ist nicht immer gleichgiltig. Fucus vesiculosus entwickelt seine Proles, gleichviel ob ein Querriss seinem Thallus ein Stück entrissen oder ob ein Längsriss ihn in der Mittelrippenregion gespalten hat. Auch in letzterem Falle reagirt der Organismus „auf Verstümmelung“ und sucht durch Prolification Ersatzglieder zu bilden, obwohl er nichts verloren hat. Andere Algen sind hierin feinfühliger. Bei Peyssonelia, Taonia u. A. ist eine Spaltung des Flächenthallus in der Richtung des Radius ein Vorgang, welcher den genannten Algen erst zu ihrem charakteristischen Habitus verhilft. Aehnlich wie beim Musablatte ist eine solche Zerschlitzung kein Ereigniss, das Schädigungen irgend welcher Art mit sich bringt, sondern ein normal physiologischer Vorgang. Prolification ist dem entsprechend an Radialrissen durch die genannten Algenkörper nicht zu erwarten. Bei Querrisswunden stellen an Taonia atomaria Adventivtriebe sich ein, die Prolesbildung bei Peyssonelia fand oben schon Erwähnung. — Die kleinen wimperartigen Triebe, die sich an den Längsseiten der keilförmigen Thallustheile von Taonia bilden, stehen mit den Prolificationen in unserem Sinne nicht auf derselben Stufe.

Nachdem wir das Phänomen der Prolification bei den Meeresalgen nach verschiedenen Gesichtspunkten hin untersucht haben, möge ein Wort über seine teleologische Bedeutung den Schluss machen. Den „Zweck“ der Prolification nach Verwundung, an dem kaum ein Zweifel auftreten kann, müssen wir, wie Eingangs bereits gesagt wurde, in dem Verlangen der Pflanze suchen, ihrem verstümmelten Leib seine Vollständigkeit wieder zu geben und die Gesammtfunctionen des Organismus wieder auf die alte Höhe zu bringen. Was durch algenfressende Thiere — diese dürften in erster Linie in Frage kommen — zerstört wird, muss ersetzt werden. Ueber die Schädlinge der Algen, wie überhaupt über die Beziehungen zwischen mariner Thier- und mariner Pflanzenwelt, wissen wir vorläufig herzlich

wenig. Wir wissen nicht, welche Algen vornehmlich den Angriffen der Thiere ausgesetzt sind, und ebenso wenig, welche gegen Thierfrass gefeit sind und durch welche Mittel. Zugegeben, dass durch die Prolification Ersatz der verlorenen Thallustheile angestrebt wird, werden wir in den intensiv proliferirenden Algen diejenigen vermuthen dürfen, die den Angriffen der Algenschädlinge am meisten ausgesetzt sind — ich denke dabei vornehmlich an Fucus, Pelvetia und Gelidium. Das Verhalten der minder lebhaft oder gar nicht proliferirenden Algen andererseits werden wir darauf zurückführen, dass diese Pflanzen gegen Verstümmelung durch Thiere besser geschützt sind und daher weniger oft oder gar nicht in die Lage kommen, für entrissene Thallustheile Ersatz schaffen zu müssen. — Auf experimentellem Wege wird zu ermitteln sein, in welchem Umfange die angedeuteten Beziehungen thatsächlich existiren.

IV.

Die im vorigen Abschnitt besprochenen Adventivtriebbildungen verbleiben lebenslänglich an dem Thallus, der sie erzeugt hat. Von einer vegetativen Fortpflanzung, wie Kützing es wollte, kann bei ihnen nicht die Rede sein.

Es frägt sich nun, ob eine solche Fortpflanzung in allen Fällen ausgeschlossen bleibt, oder ob der durch Verwundung gereizte Thallus unter Umständen auch selbständige Individuen entstehen lassen kann, wie etwa das Begonienblatt, das wir bereits an anderer Stelle zum Vergleich heranzogen.

In der That begegnen wir auch bei den Algen analogen Vorgängen. Einen interessanten Fall beschreibt Sauvageau[1]), der bei Myrionema vulgare aus einem verletzten Zellfaden eine neue, selbständige Pflanze sich entwickeln sah.

Eine weitere auffällige Form der vegetativen Vermehrung beobachtete ich in Rovigno an einigen Exemplaren von Padina Pavonia, deren arg zerfetzte Thalli durch die Verwundung zur Bildung neuer Individuen angeregt schienen. Diese erfolgte so reichlich, dass die Unterseite des mütterlichen Thallus stellenweise wie mit einem sammetartigen Bezug sich ausgestattet zeigte.

Die Entwickelung der jungen Thalli wird durch Fig. 6 veranschaulicht. Zellen der unterseitigen Oberflächenschicht wachsen zu papillösen Vorsprüngen aus, die zunächst durch Quertheilungen zu mehr-

1) Sur quelques Myrionemacées, Annales des Sciences naturelles Série VIII T. V 1898, fig. 1.

zelligen Gebilden heranwachsen. Es entsteht so ein junger Thallus mit Scheitelzellenwachsthum, dessen Aufbau ohne Weiteres an die von Reinke[1]) abgebildeten Jugendformen des Padinathallus erinnert. Die unteren Zellen des jugendlichen Individuums entsenden später Wurzelhaare und die Thalli lösen sich alsdann von der Mutterpflanze ab. In anderen Fällen werden die Zellen der unterseitigen Oberflächenschicht zu langen, vielzelligen, oft verzweigten Zellfäden, die durch Zelltheilungen in der Längsrichtung charakterisirt sind. An verschiedenen Stellen wachsen, wie Fig. 6 zeigt, brutknospenartig dieselben jugendlichen Thalli hervor, die wir vorhin aus der Mutterpflanze unmittelbar entstehen sahen. Die weitere Entwickelung ist bei beiden Formen dieselbe: es folgt Wurzelhaarbildung und Ablösung der Tochterpflanzen. — Trotz aller Verschiedenheiten wird die letztgenannte Entstehungsweise an die vergleichbaren Vorgänge bei „Desmotrichum II“[2]), die vegetative Vermehrung von Symphoricoccus radians[3]) u. A. erinnern. — Fig. 6 *c* zeigt einen jungen

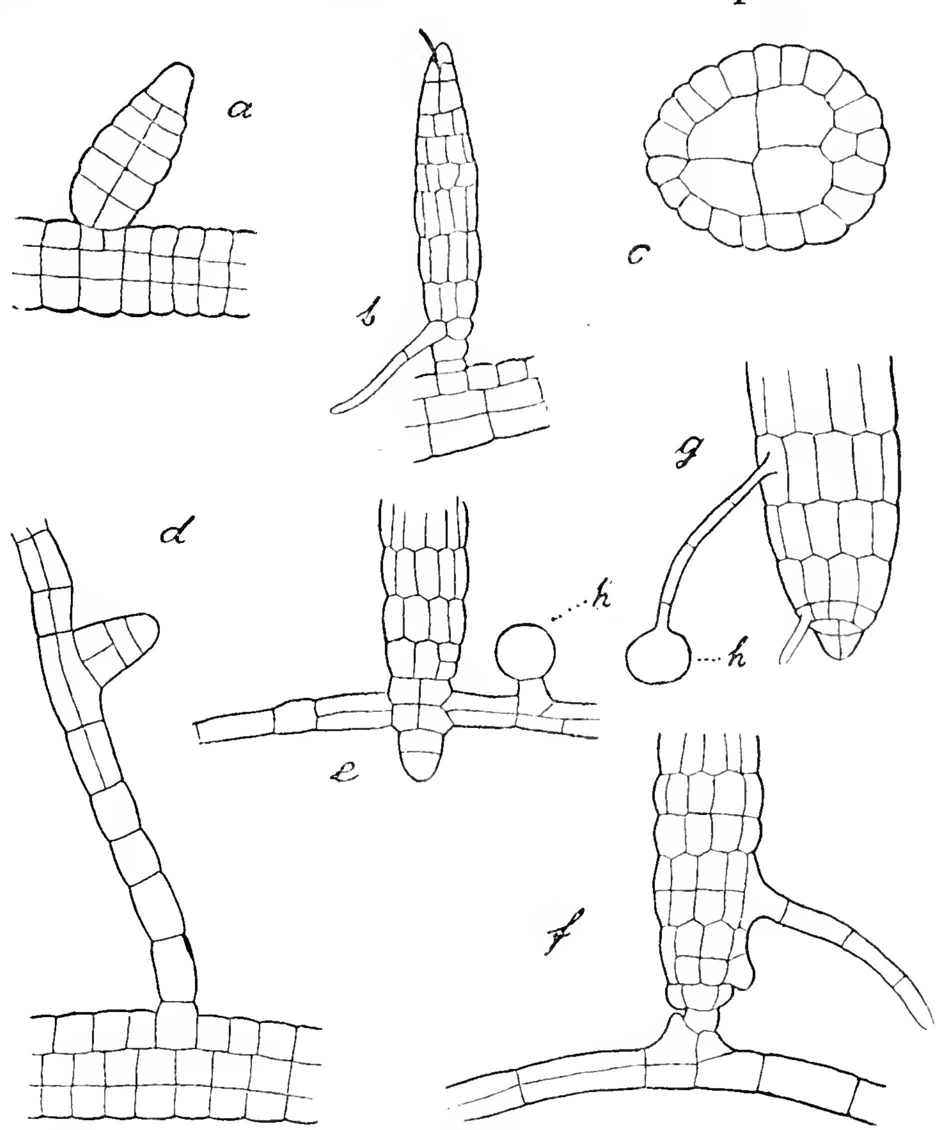


Fig. 6. Entwickelung der auf vegetativem Wege entstehenden jungen Thalli von Padina Pavonia. *a, b* Individuen, die unmittelbar aus einer Oberflächenzelle des mütterlichen Thallus entstanden sind. *c* Querschnittsbild eines jungen Thallus. *d—g* Individuen, die aus rhizoidartigen Zellfäden entstehen. *d* erste Anlage eines Thallus. Bei *h* die zu Haftorganen umgewandelten Wurzelhaare.

1) „Entwickelungsgeschichtl. Untersuchungen über die Dictyotaceen des Golfs von Neapel.“ Nova acta d. Leop. Carol. Akad. Bd. 40 tab. III fig. 25, 26. Vgl. Engler-Prantl, Natürl. Pflanzenfam. I, 2. S. 294.

2) Reinke, „Unters. über die Cutleriaceen des Golfs von Neapel“. Ibid. pag. 78 Tab. XI, Fig. 7.

3) Reinke, Atlas deutscher Meeresalgen, Tab. 2, Fig. 1b. Vgl. Engler-Prantl, Natürl. Pflanzenfam. I, 2. pag. 220.

Padinathallus im Querschnitt. Wir unterscheiden an ihm kleine Aussenzellen und weitlumige Innenzellen. Sein Aufbau ist radiär.

Auffallend sind die kugeligen Köpfchen, zu welchen sich die Endzellen der Wurzelhaare oft umgestalten (Fig. 6 *h*). Ich bin geneigt, in ihnen Haftorgane zu sehen.

Wollten wir mit unseren Fragen nach den Wirkungen der Verwundung auf das Wachsthum der Meeresalgen noch einen Schritt weiter gehen, so kämen wir zu dem Kapitel der vegetativen Vermehrung durch gewaltsame Zerstückelung — einer Wirkung, die bei den Meeresalgen weit verbreiteter zu sein scheint als bisher bekannt. Die Erörterung dieses Punktes gehört nicht mehr zu unserer Aufgabe. Es genüge, an die für Haplospora globosa, Phloeospora tortilis u. A. beschriebenen Vorgänge zu erinnern.

Rückblick.

Im Interesse der Uebersichtlichkeit möge eine kurze Recapitulation den Schluss unseres Aufsatzes bilden.

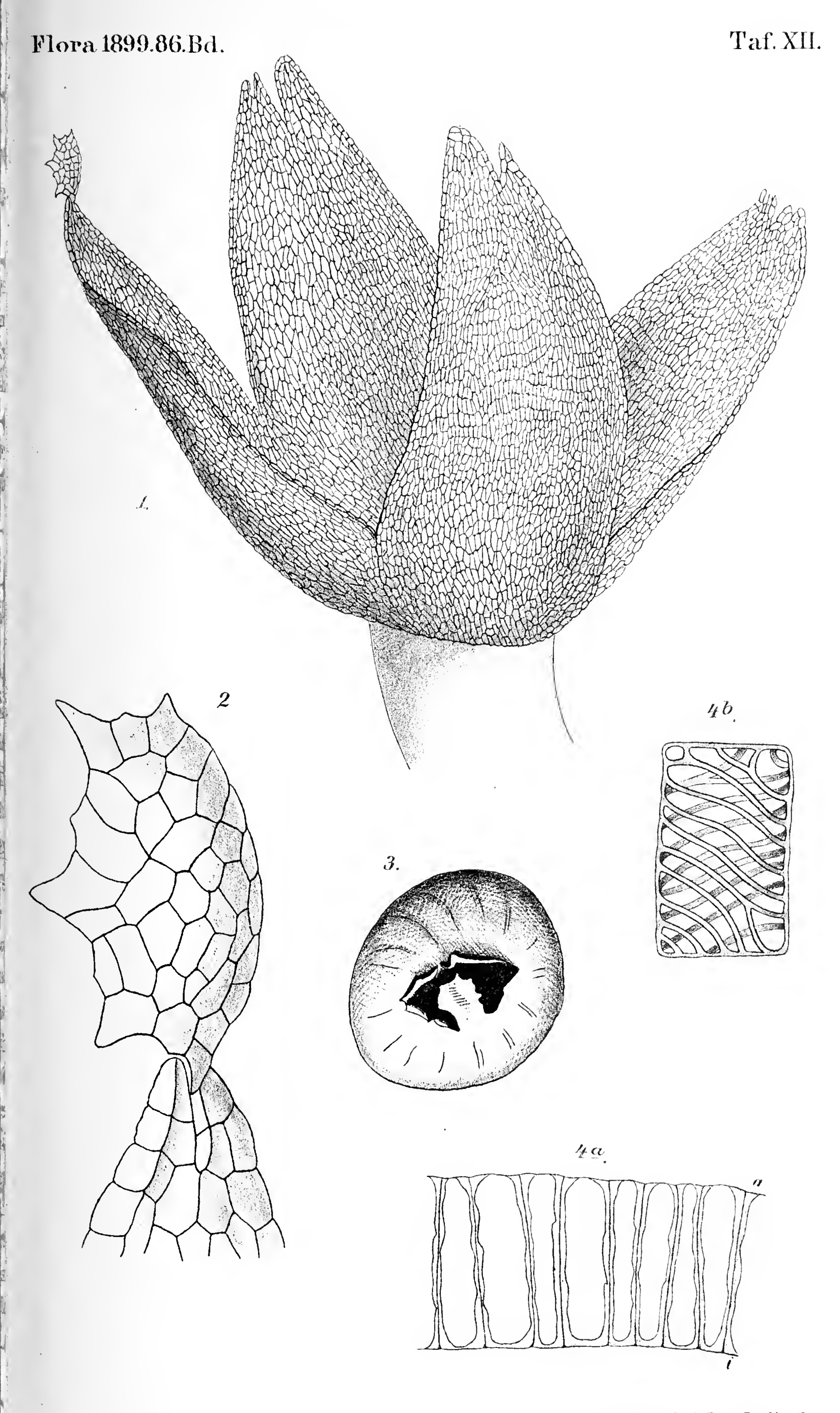
1. Vernarbungsmembranen an verletzten Zellen sind bereits an verschiedenen Siphoneen beobachtet worden. Wachsthumsfähigkeit dieser Membranen wurde für Anadyomene und Halimeda constatirt.

2. Vernarbungsgewebe sind überall im Algenreiche häufig. Von den blossgelegten Zellen des Thallusinnern werden die kleinzelligen Rindenschichten regenerirt (Massart). Als Vernarbungsgewebe haben wir die knöllchenförmigen Auswüchse am Thallus gewisser Braunalgen gedeutet, besonders die an Fucus und Halidrys.

3. Prolification nach Verwundung ist bei Phaeophyceen und Rhodophyceen weit verbreitet. Wir fanden sie bei den Siphoneen, den Fucaceen, Dictyotaceen und den verschiedensten Florideenfamilien, sogar bei den Vertretern des Squamariatypus. Besonders häufig — bei manchen Algen ausschliesslich — entspringen die Adventivtriebe der Mittelrippe, welche die leitenden Gewebselemente enthält. Bei manchen hochorganisirten Fucaceen sind lediglich die Langtriebe proliferirfähig. Bei Verletzungen in verschiedener Richtung verhalten sich einige Algen verschieden: an Taonia z. B. treten nur nach Querrissverwundung Adventivtriebe auf. Die Intensität der Prolesbildung ist ebenfalls verschieden. Am lebhaftesten erfolgt sie bei Fucus, Pelvetia und Gelidium.

4. Vegetative Vermehrung bei Padina Pavonia. Beschreibuug der verschiedenen Entwickelungsstadien.

Berlin, Botanisches Institut der Universität, Februar 1899.



W. A. Meyn, Lith. Inst., Berlin S. 42.

Ueber den Bau der Wand und die Oeffnungsweise des Lebermoossporogons.

Von

J. Andreas.

Hierzu Tafel XII und 29 Textfiguren.

Einleitung.

Das Vorherrschen der phylogenetischen Richtung in der modernen Naturwissenschaft bedingte eine ausserordentliche Förderung und Werthschätzung der Entwickelungsgeschichte, deren Ergebnisse sie ja in erster Linie zur Stütze ihrer Ansichten verwerthet. Auf vielen Gebieten wurde die Untersuchung der fertigen Stadien zu Gunsten des Studiums der Entwickelung vernachlässigt, und so hielt, in der Botanik namentlich auf dem Gebiet der Kryptogamenkunde, unsere Kenntniss der fertigen Organe mit den Fortschritten der Entwickelungsgeschichte in vielen Fällen nicht Schritt, eine Thatsache, welche Goebel[1]) speciell für das Sporogon der Lebermoose hervorhebt. Auf Veranlassung von Prof. Goebel entstand die vorliegende Arbeit, welche einige auf diesem Gebiet bestehende Lücken auszufüllen bestimmt ist.

Der Bau der Sporogonwand bei den Anthoceroteen ist durch die umfassenden Arbeiten von Leitgeb[2]) hinlänglich bekannt. Auch die Verhältnisse bei den Riccieen sind bekannt, die schon deshalb weniger Interesse in Anspruch nehmen, weil hier eine Sporogonwand zwar angelegt, aber lange vor der Sporenreife resorbirt wird. Bei den Corsinieen besteht die Sporogonwand entweder aus einfachen, glatten Zellen (Corsinia) oder ihre Zellen weisen schon die für das Lebermoossporogon so charakteristischen Wandverdickungen auf (Boschia). Da mir aber von dieser Familie Material nicht zur Verfügung stand, so wird sich die vorliegende Arbeit auf die Marchantieen im engeren Sinne und die Jungermanniaceen beschränken.

In diesen beiden Abtheilungen, bei denen die Kapsel als das typische Lebermoossporogon gelten kann, bleibt dieselbe bis zur Reife vom Archegonium als Calyptra umschlossen, welche es erst bei der Reife durch Streckung des Stieles durchbricht, um bald darauf die

1) Goebel, Organographie der Pflanzen. II. Theil. Bryophyten, pag. 317.

2) Leitgeb, Untersuchungen über die Lebermoose. Heft V.

Sporen zu entlassen. Eine Ausnahme von diesem Verhalten machen nur die Operculaten, bei welchen das Sporogon bereits vor der Reife die nicht mehr mitwachsende Calyptra sprengt. Hier betheiligt sich dann der freiliegende, d. h. nicht von der Hülle bedeckte Theil der Sporogonwand bis zur vollständigen Sporenreife an der Assimilation, wie der bedeutende Chlorophyllgehalt seiner Zellen zeigt.

Die Unterschiede in Gestalt und Grösse der Sporogone sind erheblich; von der gerade noch mit blossem Auge erkennbaren Cyathodiumkapsel bis zu der fast centimeterlangen der Monoclea finden sich alle Zwischenstufen. Die Gestalt ist meist länglich ellipsoidisch, zuweilen kugelig oder langcylindrisch.

Auch die Dicke der Wand und die Zahl ihrer Zellschichten weist erhebliche Schwankungen auf. Die Zahl der Schichten lässt keinen Schluss auf die Dicke der Wand zu; so ist z. B. die fünfschichtige Wand des Sporogons von Chiloscyphys 25 μ, die einschichtige der Monoclea-Kapsel dagegen 100 μ dick. In den allermeisten Fällen schwankt die Dicke der Wand zwischen 25 und 50 μ. Im Allgemeinen lässt sich eine Abhängigkeit der Wanddicke von der Grösse des Sporogons feststellen, indem sie mit der Grösse zunimmt. Doch gibt es zahlreiche Ausnahmen von dieser Regel; so beträgt z. B. die Wanddicke bei Gottschea etwa 30 μ, während die Wand der viel kleineren Plagiochila-Kapsel über 50 μ dick ist. Auffallend gering ist die Wanddicke bei Marchantia polymorpha, sie beträgt nur etwa 12 μ, auffallend gross bei Physiotium, nämlich 150 μ.

Ausgezeichnet sind die Lebermoossporogone durch die bekannten, selten fehlenden Verdickungen ihrer Wandzellen. In den typischen Fällen bilden dieselben rechtwinklig zur Längsachse der Zelle angeordnete Ringe oder Halbringe. Verbreitet sind ferner einfache Leisten auf den Radialwänden oder in den radialen Kanten der Zellen, verzweigte oder netzförmige Verdickungen.

Die Farbe dieser Wandverdickungen ist meist ein dunkles oder helleres Braun; auch gelbe, seltener glashelle Verdickungsleisten kommen vor.

Bei denjenigen Arten, bei welchen diese streifenförmigen Verdickungen fehlen, zeigen die Zellen der Sporogonwand eine mehr oder minder starke nnd gleichmässige Verdickung und Bräunung, namentlich ihrer Innenwände, zuweilen aber auch ihrer Radialwände.

Es liegen bisher verhältnissmässig wenige Untersuchungen über den anatomischen Bau und die Beschaffenheit der Sporogonwand

vor. Gottsche[1]) gibt als das Resultat seiner diesbezüglichen Arbeiten eine kleine Tabelle:

I. Mit einschichtiger Kapselwand.

a) Mit Röhrenzellen und Querringfasern.

α) Mit vollkommenen Ringfasern: Marchantia (polymorpha, tabularis, Berteroana), Preissia commutata, Sauteria alpina, Dumortiera hirsuta, Targionia hypophylla.

β) Mit unvollkommenen Ringfasern: Marchantia chenopoda, linearis.

b) Mit cubischen Zellen und Längsringfasern: Haplomitrium Hookeri.

II. Mit mehrschichtiger Kapselwand.

a) Untrennbar, ohne Spur von Ringfasern, zellig: Reboulia, Fimbriaria, Grimaldia, Duvalia, Plagiochasma, Lunularia, (im engeren Sinn) Jubuleae.

b) Eine trennbare, zellige, äussere Lamelle; eine innere mit Halbringfasern: Jungermannia, Plagiochila, Lophocolea, Scapania, Calypogeia, Aneura, Metzgeria, Pellia, Fossombronia.

Diese Angaben enthalten einige Fehler; Sauteria hat Halbringfasern, nicht Ringfasern, bei Lunularia ist die Wand einschichtig, ebenso, bis auf das Deckelstück, bei den Operculaten.

Die eingehendsten Untersuchungen über Wandbau und Aufspringen des Lebermoossporogons stammen von Leitgeb[2]), der für eine ganze Reihe von Gattungen zum ersten Male die Verhältnisse richtig darlegt. Auch in solchen Fällen, wo er nicht näher auf diese Fragen eingeht, gibt er für spätere Untersuchungen höchst werthvolle Andeutungen und Fingerzeige. Auf seine Angaben, sowie auf die Arbeiten von Jack[3]), Leclerc du Sablon[4]) und Goebel[5]) wird mehrfach zurückzukommen sein.

In Bezug auf das Aufspringen verhalten sich die Sporogone der Lebermoose sehr verschieden. Durch Abwerfen eines Deckels oder Zerfall des Scheiteltheiles der Kapselwand findet das Aufspringen bei

1) Gottsche, Anatomisch-physiologische Untersuchungen über Haplomitrium Hookeri. Nova acta acad. Leopold.-Carol. 1843 pag. 363 ff.

2) Leitgeb, Untersuchungen über die Lebermoose. Jena und Graz 1874—81.

3) Jack, Hepaticae Europaeae. B. C. Du Mortier, Botanische Zeitung 1877. Beiträge zur Kenntniss der Pellia-Arten. Flora 1895, Egzbd.

4) Leclerc du Sablon, Sur le sporogone des Hépatiques. Annales des sciences naturelles 1883.

5) Goebel, Ueber Function und Anlegung der Lebermooselateren. Flora 1895.

den Marchantieen statt, wobei dann der Rest der Wand entweder als Urne erhalten bleibt, oder sich in eine Anzahl unregelmässiger Zähne spaltet, die sich nach Aussen einrollen; bei den akrogynen und den allermeisten anakrogynen Jungermanniaceen spaltet sich die Kapselwand auf frühzeitig angelegten Trennungslinien, die gewöhnlich von einem besonders kleinzelligen Gewebe eingefasst sind, in vier gleich grosse Klappen, die sich in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle weit zurückschlagen; nur bei wenigen, zu den anakrogynen gehörigen Gattungen bleiben die Klappen am Scheitel vereinigt, so dass das Sporogon sich in diesem Falle mit vier Längsspalten öffnet. Bei Monoclea und Calobryum wird sogar nur eine derartige Längsspalte gebildet. Auch ein mehr oder minder unregelmässiges Zerfallen der Wand kommt vor, das sich bei Fossombronia auf die ganze Kapsel, bei Plagiochasma und Reboulia auf die obere Hälfte derselben beschränkt.

I. Marchantieae.

Bei den Marchantieen (im Sinne Leitgeb's) war es mir möglich, die Sporogone sämmtlicher Gattungen und zwar mit Ausnahme von Exormotheca, Cyathodium und den Astroporen, an lebendem Material zu untersuchen. Es kamen dabei folgende Arten in Betracht:

Targionia hypophylla L.
Cyathodium cavernarum Kunze.
Peltolepis grandis Lindb.
Sauteria alpina N. a. E.
Clevea hyalina Lindb.
Exormotheca Holsti Steph.
Plagiochasma Aitonia Ldg. et N.
„ italicum De Not.
Reboulia hemisphaerica Rad.
Fimbriaria africana Mont.
Duvalia rupestris N. a. E.
Grimaldia dichotoma Raddi.
Dumortiera irrigua N. a. E.
Fegatella conica Corda.
Preissia commutata N. a. E.
Marchantia polymorpha L.
Lunularia vulgaris L.

Die Kapselwand der Marchantieen ist durchgehends einschichtig, im Gegensatz zu der bis auf wenige Ausnahmen zwei- oder auch vielschichtigen Wand der Jungermanniaceenkapsel. Nur am Scheitel

wird die Wand bei allen Marchantieen in grösserer oder geringerer Ausdehnung verstärkt, meist durch mehrere Zellschichten, die am mächtigsten bei den Compositen entwickelt und mit starken Verdickungen ausgestattet sind, bei einem Teil der Operculaten aber sich auf einzelne wenige, dem Scheitel anliegende Zellen ohne Verdickungen reduciren.

Ueber diese eigenartige Ausbildung des Scheitels der Marchantieenkapsel, die sich bei sämmtlichen untersuchten Arten nachweisen liess, finden sich in der Litteratur nur spärliche Angaben. Leitgeb[1]) schreibt darüber: „Man findet häufig am Scheitel der eigentlichen Kapselwand noch eine oder zwei Schichten dünnwandiger Zellen anliegend, welche, wie ich glaube, durch Spaltungen der primären Wand entstanden sind.“ Hierbei scheint er jedoch nur die Operculaten, wahrscheinlich auch einzig und allein Plagiochasma im Auge gehabt zu haben (auf welche sich die angeführte Abbildung bezieht), denn bei der Beschreibung der einzelnen Arten erwähnt er das Auftreten mehrerer Schichten am Scheitel nur bei dieser. Auf die Astroporen und Compositen lassen sich seine Angaben deshalb nicht beziehen, weil bei diesen Gruppen nicht nur die peripheren, sondern auch die inneren Schichten (theilweise sogar sehr starke) typische Verdickungen tragen, während Leitgeb ausdrücklich von „dünnwandigen“ Zellen spricht. Ueberhaupt besteht zwischen der peripheren und den inneren Schichten in Bezug auf die Ausstattung ihrer Zellen mit Verdickungen ein Unterschied nur bei den Gattungen, die ausschliesslich anguläre (d. h. an den senkrecht zur Oberfläche stehenden Kanten angebrachte) Verdickungen besitzen, bei allen übrigen, mit Ringfasern versehenen Gattungen sind diese in gleicher Ausbildung in der peripheren und in den inneren Schichten vorhanden.

Solms-Laubach[2]) erwähnt eine mehrschichtige Ausbildung der Wand im Scheitelteil des Sporogons bei den Operculaten und den Astroporen und nennt dieselbe Operculum. Er sagt darüber: „Sowohl bei Exormotheca als bei Clevea, Sauteria und Peltolepis verhält sich dieses Operculum ganz ähnlich wie bei Plagiochasma . . ., nur tritt diese Struktur bei Plagiochasma wegen der grösseren Differenz im Zellbau der Regionen der Kapselwand stärker hervor, sie ist deswegen für diese Gattung lange bekannt, bei den Cleveïden aber übersehen

1) Leitgeb, Untersuchungen über die Lebermoose. Heft VI pag. 44, Taf. I Fig. 19b.

2) Solms-Laubach, Ueber Exormotheca. Botanische Zeitung I 1897, pag. 9.

worden." Und wieder pag. 12: „Bei den niedrig stehenden Formen der Reihe (i. e. der Operculaten) ist ja freilich ein Operculum in der Wandstruktur gleichfalls zu erkennen, so z. B. bei Reboulia und Plagiochasma. Eben diese Operculumbildung findet sich nun aber auch bei allen Astroporen."

Gerade bei den Compositen, wo dieses Scheitelgebilde am stärksten und auffallendsten entwickelt ist, scheint es der Aufmerksamkeit der Beobachter entgangen zu sein. Aus der Litteratur ist mir nur eine Angabe bekannt, die sich vielleicht auf dasselbe beziehen liesse. Kienitz-Gerloff[1]) erwähnt bei der Beschreibung der Entwickelung des Preissia-Sporogons: „Es kommt vor, dass ausser der äussersten, die eigentliche Kapselwand bildenden Schicht, noch eine, ja selbst zwei ihr benachbarte innere Schichten rudimentär erhalten bleiben, deren Zellen jedoch nie die für die Wandschicht charakteristischen Verdickungen zeigen. Es ist dieselbe demnach trotzdem als einschichtig zu betrachten." Hier kann Kienitz-Gerloff, meiner Ansicht nach nur den Scheiteltheil gesehen haben; die Kapselwand ist im Uebrigen bei Preissia einschichtig, abgesehen von dem Uebergang in den Fuss, wo sie zwei- bis dreischichtig wird. Aber auch hier sind die inneren Schichten mit Verdickungsleisten versehen. Dass die inneren Zellen nie die für die Wandzellen charakteristischen Verdickungsleisten zeigen sollen, ist ein Irrthum, der wohl dadurch zu erklären ist, dass die untersuchten Stadien zu jung waren, denn wie die Entwickelungsgeschichte lehrt, werden die Verdickungsleisten in den inneren Schichten des Scheiteltheils bei den Compositen sehr spät angelegt, viel später als in den Zellen der peripheren Schicht, der eigentlichen Kapselwand. An der reifen Kapsel sind auch die inneren Schichten des Scheiteltheils mit ausgeprägten Verdickungsleisten ausgestattet.

Dieser, den Scheitel des Marchantieensporogons einnehmende Zellkomplex, für den Goebel[2]) die Bezeichnung „Deckelstück" einführt, ist bei den einzelnen Gruppen und Gattungen in Bezug auf seine Grösse, seine Abgrenzung gegen den Sporenraum und gegen den Rest der Kapselwand, sowie hinsichtlich der Ausstattung mit Verdickungsringen sehr verschieden ausgebildet. Am stärksten ist das Deckelstück bei Dumortiera (Fig. 1) und Fegatella entwickelt, wo es in der Breite vollkommen ein Drittel des Sporogondurchmessers erreicht und 4—5 Zellschichten dick wird; alle Zellen sind mit Verdickungsringen

1) Kienitz-Gerloff, Neue Beiträge zur Entwickelung des Lebermoossporogons. Botan. Zeitung 1875 pag. 779.

2) Goebel, Organographie. II. Theil Bryophyten, pag. 321.

versehen. Die an den Sporenraum grenzenden Zellen des Deckelstücks sind vielfach zu kurzen, rundlichen oder mehr zugespitzten Schläuchen mit zahlreichen Ringfasern oder Spiralbändern ausgewachsen, zwischen denen eine Anzahl Elateren festgewachsen sind. Bei den übrigen Compositen, den Astroporen und bei Targionia ist das Deckelstück in ähnlicher, aber schwächerer Ausbildung zu finden. Bei Marchantia (Fig. 2) und Preissia besteht dasselbe meist nur noch aus 2—3 Schichten, bei den Astroporen scheint es vielfach gar nicht mehr zur Ausbildung einer zusammenhängenden zweiten Wandschicht zu kommen. Es sind dann in der Scheitelregion der Innenseite der Kapselwand eine Anzahl einzelner rundlicher oder länglicher mit Verdickungsringen oder Spiralen versehener Zellen angewachsen. Ebenso verhält sich Targionia. Lunularia und Cyathodium, die sich von den übrigen Marchanticen auch durch die Art ihres Aufspringens auszeichnen, besitzen statt dieses unregelmässigen Zellcomplexes als Deckelstück ein scharf abgegrenztes, glattes Deckelchen (Fig. 3).

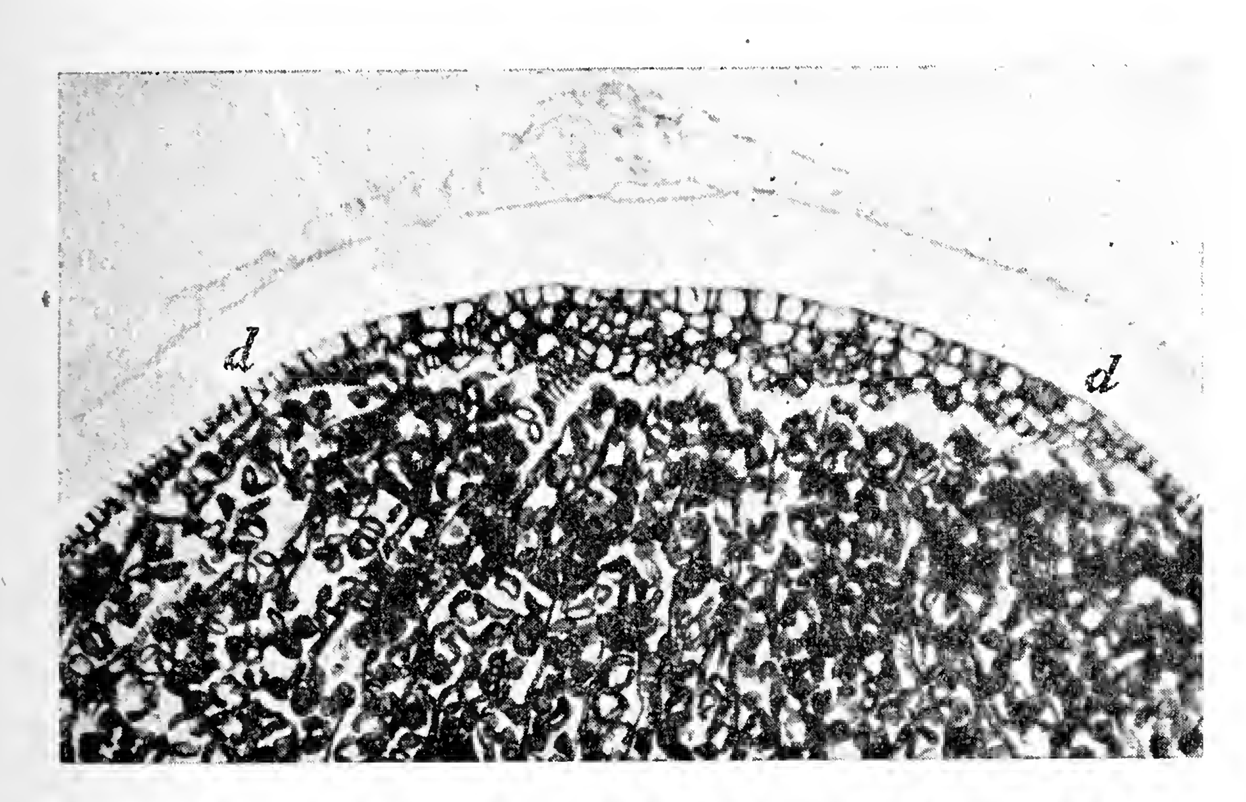


Fig. 1. Dumortiera irrigua. Längsschnitt durch den Scheiteltheil des fast reifen Sporogons. *d d* das Deckelstück. Mikrophotographie nach einem Mikrotomschnitt. (100/1.)

In den eben aufgezählten Fällen liegt die Bedeutung des Deckelstückes für den Oeffnungsvorgang in der Einleitung des Aufspringens, das bei der reifen Kapsel stets hier einsetzt. Anders bei den Operculaten, deren Operculum nicht dem Deckelstück der übrigen Marchantieen gleichwertig ist (Fig. 4, 5). Hier ist das eigentliche Deckelstück von geringerer Grösse als das Operculum, dessen Scheitel es einnimmt, und kommt entsprechend dem Fehlen jeder Art von Verdickungsleisten

in seinen Zellen, beim Aufspringen der Kapsel, das auch oft an anderen Stellen der Wand beginnt, nicht in Betracht. Bei den Operculaten liegt die einzige Bedeutung des Deckelstückes wahrscheinlich in der Abgabe von Nährstoffen aus seinen Zellen an das angrenzende sporógene Gewebe der Kapsel.



Fig. 2. Marchantia polymorpha. Längsschnitt durch den Scheiteltheil des Sporogons. (170/1.)

Fig. 3. Lunularia vulgaris. Längsschnitt durch den Scheiteltheil des Sporogons. *t t* die Trennungslinie an der Grenze des Deckels. (120/1.)

Was die Entstehung dieses Deckelstücks betrifft, so spricht, wie oben erwähnt, schon Leitgeb für Plagiochasma die Vermuthung aus, dass es aus Spaltungen der primären Kapselwand hervorgehe, eine Annahme, die wohl auch für die gleichartigen Bildungen, wie sie die übrigen Operculaten aufweisen, zutreffen wird. Bei Lunularia und Cyathodium weist die Anordnung der Zellen in dem fertigen Deckel unzweifelhaft auf eine gleiche Entstehungsweise hin. Für Marchantia und Preissia scheint mir nach Untersuchungen, die ich an den betr. Stadien des jungen Sporogons vornahm, ebenfalls eine Entstehung des Deckelstücks durch eine Spaltung der primären Wandschicht wahrscheinlich.

Eigentliche Deckel sind bei sieben von den untersuchten Gattungen vorhanden: Duvalia, Grimaldia, Fimbriaria, Fegatella, Dumortiera, Lunularia und Cyathodium. Bei diesen Gattungen sind die Deckel jedoch keineswegs alle gleichwerthige oder gleichartige Gebilde, bezüglich ihres Baues, der Art des Abreissens und ihrer Bedeutung für das Auf-

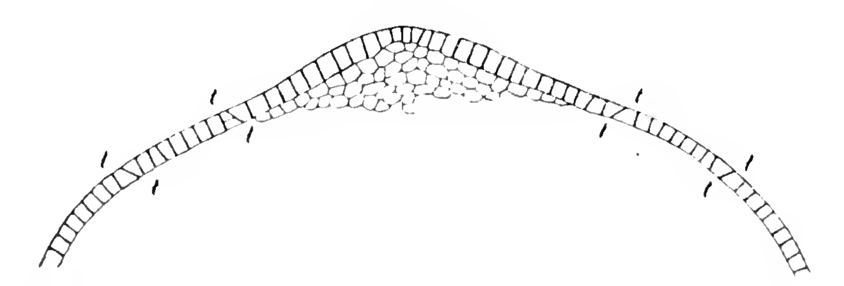


Fig. 4. Reboulia hemisphaerica. Längsschnitt durch den Scheiteltheil eines fast reifen Sporogons. *t t* Trennungslinien der Zellplatten, in die bei der Reife die Wand des Sporogons zerfällt. (70/1.)

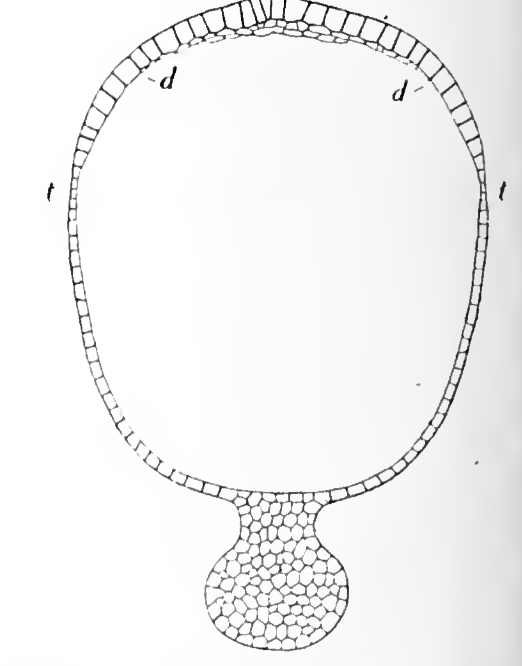


Fig. 5. Grimaldia dichotoma. Längsschnitt durch ein fast reifes Sporogon. *d d* Deckelstück. *t t* Grenze des Operculums. (30/1.)

springen der Kapsel verhalten sie sich sehr verschieden. Es lassen sich drei Typen unterscheiden: 1. Bei Lunularia und Cyathodium ist der Deckel sehr klein, sein Durchmesser beträgt kaum ein Viertel des grössten Breitendurchmessers der Kapsel und seine Ablösung hat nur den Zweck, das Aufspringen der Kapsel einzuleiten, die Oeffnung des Sporogons wird erst durch die Spaltung der Wand in Klappen herbeigeführt. Der Umriss des ganz regelmässig aus drei Schichten glatter Zellen bestehenden rundlichen Deckels ist an der noch geschlossenen Kapsel durch eine scharfe Trennungslinie bestimmt (Fig. 3, 6). 2. Etwas grösser im Verhältniss zur Kapsel ist der Deckel bei Fegatella und Dumortiera, aber auch hier dient er nur zur Einleitung des Oeffnungsvorganges (Taf. XII Fig. 3). Er besteht in diesem Falle aus der Hauptmasse des Deckelstücks, von welchem beim Abreissen nur geringe Trümmer an den Spitzen der Lappen haften bleiben, in welche die Kapselwand sich theilt. Bei dem Fehlen einer Trennungslinie sind die Umrisse des losgerissenen Deckels sehr unregelmässig. 3. Von diesen beiden Typen unterscheiden sich wesentlich die Deckel von Duvalia und Grimaldia. Bei diesen beiden Gattungen ist der Oeffnungsvorgang abgeschlossen mit dem Abfallen des Operculums, das sich auf einer etwa in halber Höhe rings um das Sporogon herumlaufenden Naht loslöst und dessen Durchmesser dem grössten Breitendurchmesser der Kapsel gleichkommt (Fig. 5). Verdickungen sind nur in den Zellen des Operculums vorhanden; der als Urne zurückbleibende Theil der Kapselwand besteht aus glatten Zellen. Hier entspricht das Operculum, wie schon erwähnt, nicht dem Deckelstück, sondern etwa der ganzen oberen Hälfte der Kapselwand der übrigen Marchantieen. Dem Deckelstück entspricht nur der mehrschichtige Scheiteltheil des Operculums, und es ist deshalb nicht angängig, die Bezeichnung Operculum für das Deckelstück (z. B. der Astroporen) anzuwenden, wie es Solms-Laubach (l. c.) thut, sondern es ist eine Auseinanderhaltung der beiden Begriffe durchaus nothwendig. Fimbriaria endlich, die letzte der deckelbildenden Gattungen, zeigt in ihrem Verhalten beim Aufspringen schon eine Annäherung an die Sporogone von Plagiochasma und

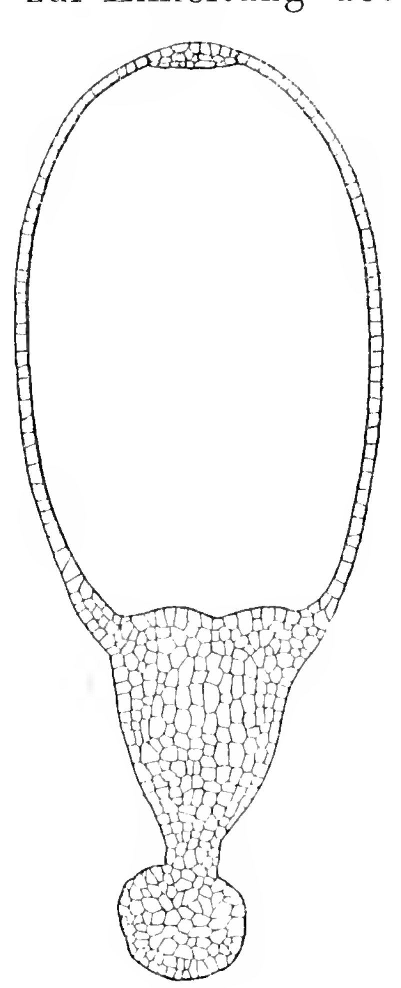


Fig. 6. Lunularia vulgaris. Längsschnitt durch ein fast reifes Sporogon. (60/1).

Reboulia, deren Wand im oberen Drittel in unregelmässige Platten zerfällt (Fig. 5, 14).

Die Verdickungsleisten sind bei der Mehrzahl der Marchantieen als Ringfasern entwickelt und zwar in allen Zellen der Kapselwand (Astroporen, Compositen mit wenigen Ausnahmen und Targionia). Cyathodium hat Ringfasern nur im oberen Drittel der Wand, den Scheitel nimmt eine Gruppe von glatten Zellen ein (das oben erwähnte Deckelchen). Bei Lunularia fehlen faserige Wandverdickungen ganz. Ausführliche Angaben über die Wandverdickungen finden sich bei der Besprechung der einzelnen Gruppen.

Nach dem Bau der Kapselwand und der Art des Aufspringens lassen sich die Marchantieen folgendermassen gruppiren.

I. Mit Ringfasern (seltener Halbringfasern) in allen Zellen der Kapselwand, auch in den inneren Schichten des Deckelstückes. Das Aufspringen erfolgt durch Zerreissen der Wand in eine wechselnde Anzahl (4—8) unregelmässiger Lappen.

a) Deckelstück stark entwickelt, beim Aufspringen sich als unregelmässig begrenzter Deckel abhebend. Mit Ringfasern:

Fegatella,
Dumortiera.

b) Das schwächer entwickelte Deckelstück wird beim Aufspringen nicht als Ganzes abgehoben, sondern zerfällt. Ringfasern oder Halbringfasern:

Marchantia,
Preissia,
Exormotheca,
Peltolepis,
Clevea,
Sauteria,
Targionia.

II. Kapsel kugelig, ohne Ringfasern, nur mit angulären Verdickungsleisten im oberen Drittel der Wand. Zellen der inneren Schichten des Deckelstückes ohne Verdickungen. Das obere Drittel der Wand wird entweder als Deckel abgehoben oder zerfällt, der untere Theil der Wand bleibt als Urne erhalten.

a) Das scheitelständige Drittel der Wand löst sich auf einer vorgebildeten Trennungsnaht als Deckel ab. Deckelstück als eine der Wand in der Scheitelregion angelagerte Zellschicht ausgebildet:

Duvalia
Grimaldia

b) Das scheitelständige Drittel der Kapselwand wird als Ganzes abgehoben. Trennungsnaht fehlt. Das Deckelstück ist auf einzelne wenige der Wand im Scheitel anliegende Zellen reducirt:

Fimbriaria.

c) Das scheitelständige Drittel der Wand zerfällt in unregelmässige Platten. Deckelstück bis 5 schichtig:

Reboulia,
Plagiochasma.

III. Zellen der Kapselwand ohne faserige Verdickungen. Deckelstück beim Aufspringen als kleines, scharf abgegrenztes, glattes Deckelchen sich abhebend, worauf die Kapsel auf vorgebildeten Trennungslinien sich zuerst in vier, dann in acht Klappen spaltet:

Lunularia.

IV. Ringfasern nur im oberen Drittel der Kapselwand; der untere Theil aus dünnwandigen Zellen bestehend. Deckelstück aus glatten Zellen, beim Aufspringen sich als scharf begrenztes rundliches Deckelchen auf vorgebildeter Trennungslinie ablösend, worauf sich die Kapselwand, soweit die Ringfaserzellen reichen, in acht Klappen spaltet:

Cyathodium.

Den grossen Unterschied in der Art des Aufspringens zwischen der Marchantiaceen- und der Jungermanniaceenkapsel und die Nothwendigkeit, beide Vorgänge bei aller äusseren Aehnlichkeit auseinander zu halten, worauf in den Beschreibungen zuweilen wenig Gewicht gelegt worden ist, betont Leitgeb[1]) folgendermassen: „Man hat diese Art des Aufspringens durch Zähne oder Klappen dem Aufspringen der Jungermanniaceenkapsel verglichen. Es ist aber zwischen beiden allerdings ähnlichen Vorgängen ein wesentlicher Unterschied. Die Klappen der Jungermanniaceenkapsel entsprechen den vier, durch die ersten sich kreuzenden Längswände angelegten Scheitelquadranten; die Trennung erfolgt nach diesen Längswänden und die Klappen haben glatte Seitenränder. Bei den Marchantieen ist die Bildung der Zähne nicht auf die primären Längstheilungen des Embryo zurückzuführen; es wechselt also die Zahl der Zähne selbst innerhalb derselben Species,

1) Leitgeb, l. c. Heft VI pag. 137 ff.

ebenso die Länge der Spalten und der gegenseitige Abstand an derselben Kapsel; es sind daher die Zähne häufig in Breite und Länge ungleich. Auch sind ihre Seitenränder nicht glatt, sondern zackig, so dass man diese Art des Aufspringens besser als ein Oeffnen durch Längsrisse bezeichnen könnte.“ Hier wäre nur noch eine Ausnahme zu machen zu Gunsten von Lunularia und Cyathodium, was Leitgeb[1]) auch für letztere erwähnt. Bei diesen Gattungen sind wie bei den Jungermanniaceen die Klappen an der reifen Kapsel nach Zahl und Grösse durch Trennungslinien abgegrenzt, deren Lage durch die primären Längstheilungen im Embryo bestimmt wurde. Es unterscheiden sich aber diese Trennungslinien von denen der Jungermanniaceenkapsel dadurch, dass sie nicht von einem kleinzelligen Gewebe eingefasst werden und in doppelter Anzahl (acht statt vier) vorhanden sind.

I. Gruppe. Mit faserigen Wandverdickungen. Compositen (mit Ausnahme von Lunularia), Astroporen, Targionia.

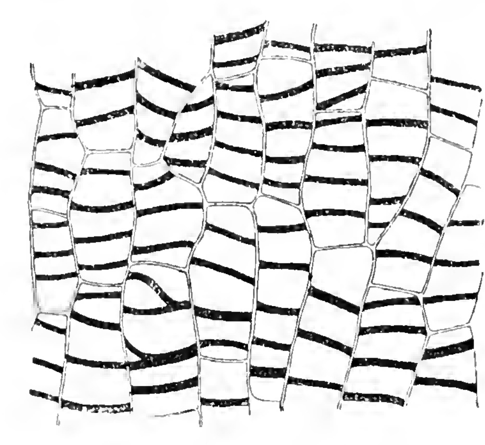


Fig. 7. Fagatella conica. Unterer Theil der Sporogonwand von Aussen gesehen. (200/1.)

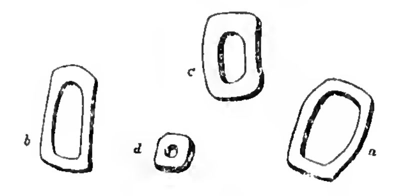


Fig. 8. Fegatella conica. Isolierte Ringfasern. *a* aus dem unteren, *b* aus dem mittleren, *c* aus dem oberen Theil der Sporogonwand, *d* aus dem Deckelstück. (200/1.)



Fig. 9. Fegatella conica. Sporogonwand im Querschnitt. Einzelne Ringfasern sind schräg geschnitten, daher unvollständig. (200/1.)

Das länglichrunde oder kugelige Sporogon der hierhergehörigen Gattungen sitzt auf einem kurzen Stiel, der im ausgewachsenen Zustand selten die Länge der Kapsel übertrifft, mit meist knollig angeschwollenem Bulbus. Die Calyptra bleibt bei sämmtlichen Arten, bei denen ihr Verhalten untersucht werden konnte, bis zur Reife erhalten.

Die Wandzellen sind in der Richtung der Längsachse der Kapsel gestreckt, zuweilen kürzer, tonnenförmig.

Die Verdickungen, die in der Zelle stets quer orientirt sind, sind in der Mehrzahl der Fälle als Ringfasern ausgebildet (Fig. 7—11). Nur bei Sauteria und Exormotheca kommen eigentliche Halbringfasern vor. Es

1) l. c. Heft VI pag. 138.

empfiehlt sich jedoch nicht, auf diesen Unterschied allzugrosses Gewicht zu legen, da die Ringe häufig auf der Aussenwand der Zelle schwächer werden (am auffälligsten bei Targionia) und dann leicht Halbringfasern vortäuschen können, wie eine Anzahl sich widersprechender Angaben in den Beschreibungen beweist. Auch kann die Ausbildung der Ringe bei ein und derselben Gattung wechseln, wie z. B. bei Marchantia, wo Gottsche[1]) für einige Arten vollkommene, für andere unvollkommene Ringfasern angegeben hat. Die Zahl der in einer Zelle enthaltenen Ringe variirt bei den einzelnen Arten, auch in den verschiedenen Regionen der Kapselwand wechselt die Zahl innerhalb gewisser Grenzen. Bei manchen Arten sind hin und wieder einzelne Zellen, statt mit einer Anzahl Ringe, mit einem Spiralband versehen; bei anderen zeigen die Ringe zuweilen eine Neigung, sich zu verzweigen, bei Exormotheca sind verzweigte Halbringfasern die Regel. Abgesehen von der faserigen Verdickung zeigen die Zellen oft eine mehr oder minder gleichmässige Verdickung und Bräunung ihrer Innenwände, namentlich im oberen Theil der Kapselwand.

Im Allgemeinen findet man immer vom basalen Theil der Kapsel nach dem Scheitel zu eine Zunahme in der Dicke und Breite der Ringe, sowie eine dichtere Lagerung derselben. Ebenso lässt sich eine Zunahme der Verdickung der ganzen Wände, wo eine vorkommt, und Hand in Hand damit gehend, eine Verengerung des Lumens der Wandzellen beobachten. Es findet also eine deutliche Zunahme der mechanischen Elemente statt mit der Annäherung an den Scheitel, wo eine weitere Häufung derselben eintritt durch die schon erwähnte Verstärkung der Wand durch ein oder mehrere Schichten von Zellen, welche alle mit Ringfasern versehen sind. Hier, im Deckelstück, ist die Stellung der Ringfasern eine beliebige, sowohl in den inneren als auch in der äusseren, der eigentlichen Kapselwand entsprechenden Schicht. Während sie sonst in der ganzen Kapsel senkrecht zur Fläche der Wand stehen, liegen sie hier auch oft geneigt oder parallel zur Kapselwand. (Fig. 5.) Doch lässt sich zwischen diesen beiden Regionen der Wand keine scharfe Grenze ziehen. Hier beginnt das Aufspringen der Kapsel, doch kann von einer Trennungslinie[2]) keine Rede sein, weil der Verlauf des Risses nicht genau vorgeschrieben, sondern innerhalb gewisser Grenzen beliebig ist; daher sind auch die Ränder sowohl des abgehobenen resp. zerfallenden Deckelstückes als

---

1) Gottsche, Anatom.-physiolog. Studien über Haplomitrium Hookeri. Nova acta acad. Leop.-Carol. 1844 pag. 363.

2) Vgl. Solms-Laubach, Ueber Exormotheca. Botan. Ztg. I 1897 pag. 9.

auch die stumpfen Enden der Lappen, in welche später die Kapselwand zerreisst, niemals glatt, sondern stets zackig. Beim Aufspringen rollen sich diese Lappen nach aussen ein.

Für Fegatella und Dumortiera wurde das Verhalten des Deckelstückes beim Aufspringen schon erwähnt. Bei Marchantia und Preissia und wahrscheinlich auch bei Targionia findet ein unregelmässiger Zerfall desselben statt. Ebenso sollen sich nach Solms-Laubach[1]) Exormotheca und die Astroporen verhalten, bei denen ich das Aufspringen nicht selbst beobachten konnte.

Der Boden der Kapsel wird meist aus 1—2 Lagen von rundlichen Zellen gebildet, die in ihrer Gestalt sich mehr den Stielzellen nähern und zuweilen mit dünnen Ringfasern versehen sind. In vielen Fällen ist der Boden besetzt mit einer Anzahl hervorragender, rundlicher oder zapfenförmiger Zellen, die reichlich mit Verdickungsringen und Spiralen versehen sind und an denen einige Dutzend Elateren festsitzen, was namentlich bei Fegatella, Dumortiera, Preissia auffällt; bei Marchantia fehlen dieselben. Ob derartige festsitzende Elateren bei den Astroporen vorhanden sind, liess sich an dem ausgetrockneten Herbarmaterial nicht mehr mit Sicherheit constatiren; aus der Gestaltung des Bodens darf man jedoch auf ein derartiges Verhalten schliessen. Diese Elateren sind jedoch keineswegs etwa wie die Elaterenträger bei Pellia mit dem Boden fest verwachsen, sondern lösen sich beim gänzlichen Austrocknen der Kapsel. (Vgl. auch Fegatella.)

Dass an dem abgeworfenen Deckelstück zuweilen eine Anzahl Elateren festsitzt, wurde schon erwähnt. Bei Dumortiera ist ein Theil der Elateren mit einem Ende der Kapselwand angewachsen, wie bei manchen foliosen Jungermanniaceen (Jungermannia bicuspidata und Gottschea), ohne dass jedoch, wie bei diesen, eine gleichmässige, parallele Lagerung der Elateren in der geschlossenen Kapsel zu bemerken wäre.

Fegatella.

Die längliche, birnförmige Kapsel trägt im Mittelpunkt ihres meist etwas excentrisch gelegenen, vom Stiel des Receptaculums abgewendeten Scheiteltheils eine kleine nabelartige Einsenkung.[2]) Das Deckelstück ist stark entwickelt und erreicht in der Mitte eine ziemliche Dicke. Gegen den Sporenraum ist dasselbe nicht glatt abgegrenzt, es ragen von der untersten Schicht eine Menge eigenthümlich gestalteter Zellen frei in denselben hinein. Diese Zellen sind zapfen- oder walzenförmig, zuweilen in die Länge gezogen und reichlich mit Verdickungsbändern

1) Solms-Laubach, Ueber Exormotheca Mitten. Bot. Ztg. 1897, pag. 9.

2) Vgl. Bischoff, Bemerkungen über die Lebermoose, Tab. LXVIII, Fig. IV, 2.

usgestattet, die bei einigen als Ringe, bei andern als Spiralbänder ausgebildet ind; man findet auch solche, die im oberen Theil Ringe, im unteren, in den porenraum hineinragenden Theil eine oder mehrere Spiralen tragen. Die Zahl ier Spiralen in diesen Zellen ist oft viel grösser als in den Elateren (es wurden is sechs gezählt, in den Elateren 2—4). Zwischen diesen Zapfen und an ihren uweilen etwas abgeplatteten Enden sind zahlreiche Elateren befestigt.

Im unteren Theil der Wand finden sich 3—5 ziemlich schwache Ringfasern n der Wandzelle (Fig 7, 8, 9, 11); in halber Höhe 5—7; nach dem Scheitel zu, wo lie Wandzellen bedeutend kürzer werden, fällt ihre Zahl wieder auf etwa drei und n den kleinen isodiametrischen Zellen des Deckelstücks ist meist nur noch für inen Ring Raum vorhanden. Dabei nehmen die Ringe mit der Annäherung an den Scheitel beständig an Dicke und Breite zu, so dass die des Deckelstücks zuweilen lie Zelle fast in zwei Theile theilen.

Statt der Ringe tragen die Wandzellen hin und wieder eine Spirale, es commen auch verzweigte Ringe vor; seltener sind Uebergänge zwischen der Ring- md Spiralverdickung.



Fig. 10. Fegatella conica. Ein Stück us dem mittleren Theil der Sporogonwand von Innen gesehen. (200/1.)

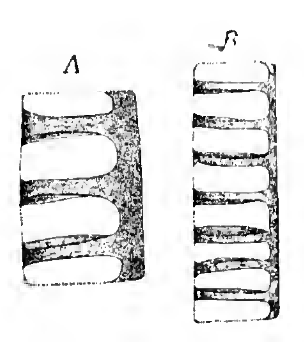


Fig. 11. Fegatella conica. Wandverdickungen der Zellen der Sporogonwand, durch Behandlung mit H_2SO_4 isolirt. *A* aus dem oberen, *B* aus dem mittleren Theil der Wand. (300/1.)

Etwa in halber Höhe der Kapselwand beginnt die Ablagerung einer dünnen, raunen, verholzten Lamelle auf der Innenwand der Zellen; dieselbe nimmt nach oben allmählich an Dicke zu, so dass sie schliesslich eine dünne Platte vorstellt, welche, uf die oberen und unteren Querwände etwas übergreifend, die mit ihr verwachsenen Ringfasern trägt. Durch Auflösung der Zellwände mit concentrirter Schwefelsäure lässt sie sich mitsammt den an ihr befestigten Ringen leicht isoliren (Fig. 11).

Auf dem Grund der Kapsel finden sich eine Anzahl Elateren, theils an längeren oder kürzeren, zapfenartig in den Sporenraum hineinragenden Zellen festsitzend, heils zwischen denselben angeheftet. Diese elaterenträgerartigen Zellen haben dunkel gebräunte Wände und sind mit oft sehr dicht gestellten Verdickungsfasern versehen, und zwar finden sich auch hier Ringe, Spiralen und Uebergänge zwischen den beiden Formen. Fest mit den trägerartigen Zellen verwachsen scheinen die Elateren nicht zu sein, sie bleiben nur bis zur vollständigen Ausleerung des Kapselinhalts festsitzen und verhindern das zu rasche Herausfallen der Sporenmasse aus dem geöffneten, nach unten gerichteten Sporogon. Später, bei der völligen Entleerung und Austrocknung der Kapsel, werden auch die Elateren grösstentheils losgelöst.

Eine genauere Beobachtung des Aufspringens unter dem Mikroskop zeigt etwa Folgendes. Wenn die Austrocknung der vollständig reifen Kapsel beginnt, bildet sich an der Grenze des Deckelstücks, da wo der Wechsel in der Orientirung der Ringfasern eintritt (Fig. 12), ein zackiger Querriss, der nicht immer genau dieser nicht besonders scharfen Grenze folgt. Dieser Riss verlängert sich rasch und läuft allmählich um den ganzen Scheitel herum, das Deckelstück loslösend; von ihm aus entstehen, wie er fortschreitet, in rascher Aufeinanderfolge eine Anzahl Längsrisse, die sich nach dem Kapselgrunde zu fortsetzen. Die dadurch entstandenen Lappen der Kapselwand rollen sich nach Aussen ein, etwa so weit die oben beschriebene Bräunung der Innenwände der Wandzellen reicht (d. h. bis über die Mitte der Kapsel). Der Deckel bleibt entweder an der Spitze eines Lappens locker ansitzen oder fällt mit dem Kapselinhalt ab. An ihm sitzen eine Anzahl Elateren fest. Da die Ablösung des Deckels, wie oben erwähnt, nicht genau der Grenze des Deckelstücks folgt, so findet man oft an den abgestumpften Lappenspitzen noch einige der Zellen desselben ansitzend, und umgekehrt am Deckel hier und da einen Fetzen des einschichtigen Theils der Kapselwand. Auch die Längsrisse verlaufen nicht ganz gerade, sie springen oft aus einer Zellreihe in eine andere über und wieder zurück. Ein Zerreissen von Zellen wurde nie beobachtet, die Trennung erfolgte stets in der Mittellamelle. Der ganze Vorgang vom Auftreten des ersten Querrisses bis zur vollständigen Einrollung der Lappen und Entleerung des Kapselinhaltes nimmt etwa 5—10 Minuten (bei trockener Zimmerluft) in Anspruch. Dass der Deckel bei Fegatella bis jetzt vollständig übersehen wurde, hat seinen Grund wohl in der geringen Grösse desselben; er misst im Mittel höchstens 0,3 mm im Durchmesser.

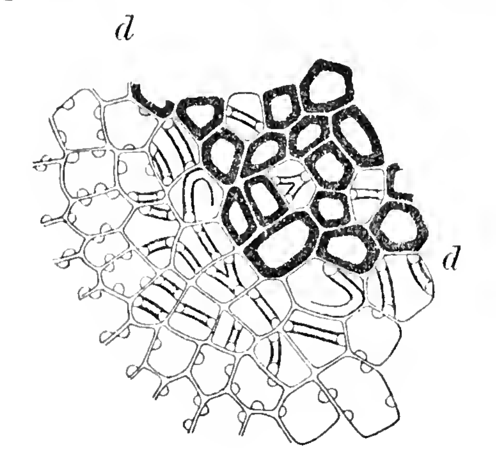


Fig. 12. Fegatella conica. Stück aus der Scheitelregion der Kapselwand von Aussen gesehen. *d d* Grenze des Deckelstücks. (150/1.)

Dumortiera irrigua Nees.

Diese Art sammelte ich reichlich fruchtend im Frühsommer 1897 an mehreren Stellen im Thal von Orotava auf Teneriffa. Die sehr grossen, kräftigen Fruchtköpfe waren 5—9strahlig und massen oft fast 1 cm im Durchmesser. Nach Leitgeb[1]) umschliesst jede Hülle bis sieben Archegonien, von denen sich jedoch immer nur ein einziges entwickeln soll. Auch Goebel[2]) gibt für Dumortiera irrigua an, dass in jedem Sporogonstand nur ein Sporogon ausgebildet werde. Abweichend von diesen Beobachtungen fand ich öfters mehrere vollkommen entwickelte Sporogone in einer Hülle, ja ein derartiges Verhalten schien mir in fast jedem Fruchtkopf ein oder gar mehrere Male vorzukommen. In einem solchen Falle fanden sich in einem achtfächerigen ♀ Receptaculum nicht weniger als 13 vollkommen entwickelte Sporogone vor, die folgendermassen vertheilt waren:

4 Hüllen enhielten je 1 Sporogon,
3 „ „ „ 2 Sporogone,
1 Hülle enthielt 3 „

1) Leitgeb, l. c. Heft VI pag. 127.
2) Goebel, Organographie der Pflanzen II. Theil, Bryophyten, pag. 312.

Die grossen, fast kugeligen Kapseln (bis $1^1/_2$ mm lang und $1^1/_3$ mm breit) sitzen mit sehr breiter Basis einem dicken, ziemlich kurzen Stiel auf; der Fuss ist wie bei Fegatella kegelförmig, im Gegentatz zu dem meist kugelig angeschwollenen Bulbus der übrigen Marchantieen.

Entgegen der Bischoff'schen Angabe[1]) bleibt die Calyptra bis zur vollständigen Reife erhalten und umgibt dann das Sporogon als häutiger, 5—6schichtiger Sack. Erst bei der Streckung des Stieles wird sie gesprengt und zerreisst vom Scheitel aus in eine unbestimmte Anzahl Zähne.

In Bezug auf Bau und Aufspringen der Kapsel zeigt Dumortiera grosse Aehnlichkeit mit Fegatella. Die Wandzellen, die in allen Theilen der Wand eine gleichmässige, leichte Bräunung zeigen, sind sehr lang, zuweilen fast spindelförmig. Sie sind mit einer grossen Anzahl quergestellter, dunkelbrauner Ringfasern versehen, die zuweilen auf der Aussenwand der Zelle etwas schwächer, aber doch immer vollkommen geschlossen sind. Halbringfasern kommen nicht vor. Mit der von unten nach oben fortschreitenden Verengerung des Lumens der Wandzellen steigt die Zahl der in einer Zelle enthaltenen Ringe. Im unteren Theil der Wand beträgt sie noch 3—8, meist etwa 5, in der oberen Hälfte 8—14, in der Nähe des Scheitels, wo die Zellen viel kürzer werden, sinkt sie wieder auf 4—5. Spiralbänder sind in den Wandzellen sehr selten, auch Verzweigungen der Ringe sind wenig häufig.

Das mehrschichtige Deckelstück ist etwas stärker entwickelt als bei Fegatella. Wie dort finden wir die unregelmässige Orientirung der Verdickungsfasern in seinen Zellen. Einfache Ringe sind hier aber mehr auf die periphere Schicht beschränkt; sehr viele Zellen der inneren Schichten des Deckelstücks sind mit einer Anzahl Ring- und Spiralfasern versehen. Auch bei Dumortiera sind die an den Sporenraum grenzenden Zellen des Deckelstücks ausgewachsen zu walzen- oder zapfenförmigen Zellen, von denen die längeren oft ganz kurzen, dicken Elateren gleichen; an und zwischen diesen Elaterenträgern ist eine Anzahl Elateren festgewachsen.

Auch auf dem Kapselboden sitzen einige Dutzend zapfenförmige Zellen mit dunkelbraunen Wänden und zahlreichen Ring- und Spiralfasern auf, an denen vielfach Elateren befestigt sind, ohne ganz mit denselben verwachsen zu sein, denn sie fallen nach Entleerung des Sporogoninhaltes beim gänzlichen Austrocknen der Kapsel grösstentheils ab. Zwischen den normalen Elateren findet man eine Anzahl kürzerer und dickerer Schläuche befestigt, welche in Bezug auf die Ausstattung mit Spiralbändern ihnen sehr ähneln. Ab und zu findet man einzelne dieser Gebilde unter dem ausgestreuten Kapselinhalt.

Dumortiera ist die einzige unter den untersuchten Marchantieen, bei welcher sich auch auf der ganzen Innenfläche der Kapselwand zahlreiche festgewachsene Elateren finden. Dieselben sind mit einem Ende, das an dieser Stelle eine kleine Abplattung zeigt, mit den Wandzellen verwachsen und bleiben theilweise festsitzen bis zur gänzlichen Verwitterung der Wand.

Das Aufspringen wird, gerade wie bei Fegatella, durch das Abheben des in diesem Falle etwas grösseren Deckels eingeleitet, und verläuft dann ganz wie dort. Ein Abspringen oder Abschleudern der an der Kapselwand angehefteten Elateren, wie es in analogen Fällen bei einzelnen Jungermanniaceen beobachtet

1) Bischoff, Bemerkungen über die Lebermoose, pag. 969: „Calyptra fugax".

wird[1]), kommt nicht vor. Vielmehr scheinen dieselben hier nur die Bedeutung zu haben, dass sie, in Verbindung mit den am Boden angehefteten ein allzurasches, mit einem Mal erfolgendes Herausfallen der Sporenmasse verhindern und eine allmähliche Ausstreuung derselben begünstigen.

Preissia.

Preissia ist diejenige unter den Compositen, welche sich, soweit der Bau des Sporogons in Betracht kommt, am meisten den Astroporen nähert.

Die kurzen, ziemlich breiten, im Querschnitt rundlichen Zellen der Kapselwand tragen je 4—5 quer gestellte, vollständige, wenn auch oft auf der Aussenwand schwächere Ringfasern. Die Innenwände der Zellen sind etwas verstärkt und leicht gebräunt; die Bräunung nimmt nach oben zu.

Das Deckelstück ist dreischichtig, jedoch lange nicht so compact gebaut wie bei Fegatella. Die Zellen desselben sind, auch in der peripheren Schicht, weitlumiger und viel lockerer aneinandergefügt als die der übrigen Kapselwand. Die Ringfasern des Deckelstückes sind stärker als die der einfachen Wandzellen und dunkler gebräunt. Die Zellen der an den Sporenraum grenzenden Schicht desselben ragen auch bei Preissia vielfach zapfenartig in denselben vor.

Den Abschluss gegen den Stiel bildet eine Schicht von Zellen mit gebräunter Wand, aber ohne Ringfasern. Beim Uebergang in den Kapselboden ist die Wand bis auf drei Schichten verstärkt, auch hier sind die Zellen der inneren Schichten mit den typischen Ringfasern der Wandzellen versehen.

Beim Aufspringen zerfällt das Deckelstück infolge seines lockeren Baues und der beim Austrocknen verursachten starken Spannung in den einzelnen, mit starken Ringfasern versehenen Zellen in unregelmässige Stücke, die zum Theil an den Spitzen der 5—8 Zähne sitzen bleiben, in welche die übrige Kapselwand bis fast zum Grunde zerreisst.

Marchantia.

Die Ausbildung der Wandverdickungen scheint bei den einzelnen Arten dieser Gattung zu wechseln. Gottsche[2]) gibt für M. polymorpha, tabularis und Berteroana Ringfasern, für M. chenopoda und linearis unvollkommene Ringfasern an. Meine Untersuchungen beschränken sich auf M. polymorpha.

Auffallend ist bei den verhältnissmässig sehr kleinen, zartwandigen Sporogonen dieser Art die goldgelbe Färbung nicht nur der Ringfasern, sondern auch der Sporen und Elateren im Gegensatz zu dem dunklen Braun, das sonst in dieser Gruppe vorherrscht. Die Dicke der Wand ist äusserst gering; sie beträgt im Mittel kaum 12 μ, während z. B. Fegatella eine Wanddicke von etwa 40 μ aufweist. Die Wandzellen sind in sehr regelmässigen Längsreihen angeordnet und tragen 3—4 nicht sehr breite Ringe, welche in benachbarten Zellen ziemlich genau an gegenüberliegenden Stellen der Wand ansitzen. Auf der Aussenwand der Zelle sind sie dünner, zuweilen ganz unterbrochen, was auch bei den (nicht gerade häufig) an ihrer Stelle auftretenden Spiralen vorkommt. Verzweigungen der Ringe sind selten. Nach dem Grunde des Sporogons zu werden die Ringe schwächer und unvollständig, bis sie zuletzt nur noch als eine undeutliche Streifung auf der

1) Vgl. Goebel, Ueber Function u. Anlegung d. Lebermooselateren. Flora 1895 pag. 16.

2) Gottsche, l. c. pag. 363 ff.

Innenwand erscheinen, um in den untersten, sehr weitlumigen Zelllagen der Kapselwand ganz zu verschwinden.

Im Scheitel des Sporogons fällt vor Allem die Grösse und lockere Aneinanderfügung der mit sehr breiten Ringen versehenen Zellen der peripheren Schicht auf (Fig. 2). Die Zellen der inneren Lagen (oder Lage) des Deckelstückes sind kleiner und mit Ringfasern oder Spiralen ausgestattet.

Der Boden des Sporogons wird gebildet von einer Lage Zellen mit goldgelb gefärbten Wänden ohne Verdickungsfasern. Die zapfenartigen mit Spiralbändern versehenen Zellen, die bei der Mehrzahl der Marchantieen vorkommen, fehlen hier gänzlich. Dagegen ist eine Anzahl Elateren direct dem glatten Boden aufgewachsen, die theils ganz typisch ausgebildet sind, theils etwas kürzer und dicker als die freien Elateren und mit mehr als zwei Spiralbändern ausgestattet sind.

Peltolepis und Clevea.

Diese beiden Gattungen zeigen viel Uebereinstimmendes. Die Zellen der Kapselwand sind ziemlich kurz und breit, mit unverdickten, hellen Wänden. Ihre Verdickungsfasern sind als quergestellte vollständige Ringe ausgebildet, welche, zu je 5—6 in einer Zelle, ziemlich dicht angeordnet sind; zuweilen (bei Peltolepis öfter) sind sie verzweigt. Bei Clevea springen derartige verzweigte Ringe im oberen Theil der Wand auch hin und wieder auf die Querwände der Zelle über. Da die Ringe untereinander ziemlich parallel gelagert sind und in benachbarten Zellen genau an derselben Stelle ansitzen, so gewährt die Flächenansicht der Kapselwand, bei welcher immer nur das der zugekehrten Zellwand anliegende Stück des Ringes sichtbar ist, das Bild, als liefen ununterbrochene, parallele, braune Verdickungsstreifen auf der ganzen Kapselwand dahin. Noch auffälliger wird das Bild, namentlich bei Peltolepis, im oberen Theil der Wand, wo die regelmässige Lagerung der Zellen aufhört und eine regellose Anordnung derselben Platz greift und dadurch dann die Streifen vielfach hin- und hergebogen werden.

Auf dem Boden der Kapsel greifen die Verdickungsringe 1—2 Zellschichten tief. Ziemlich auffällig ist bei Peltolepis und Clevea die Besetzung des Bodens mit einer Anzahl grosser, zapfenförmiger Zellen, die mit brauner Wandung und einer Anzahl sehr dicht gestellter Spiralbänder oder Ringe versehen sind und oft zu ganzen Gruppen zusammentreten. Ein Festhaften von Elateren an denselben liess sich an dem zugänglichen Herbarmaterial nicht mehr feststellen, ist aber als wahrscheinlich anzunehmen.

Sauteria.

Ausser Exormotheca ist Sauteria die einzige Gattung, welche durchgehends mit echten Halbringfasern in sämmtlichen Zellen ihrer Kapselwand versehen ist. Im mittleren und unteren Theil der Wand kommen 4—6 auf die Zelle; mit der Annäherung an den Scheitel werden die Zellen etwas kürzer und haben dann nur je 2—3 Halbringfasern. Verzweigungen der Ringe kommen fast in jeder Zelle vor, hin und wieder treten statt der Halbringe Spiralfasern auf.

Das Aufspringen zeigt von dem typischen Verhalten der mit Ringfasern versehenen Marchantieen durchaus keine Abweichung. Die 4—6 Lappen, in welche die Wand zerreisst, sind unregelmässig, oft von ungleicher Breite und haben zackige Ränder, von frühzeitig angelegten Trennungslinien ist keine Rede. Die einzelnen Lappen sind hier entsprechend der geringen Ausdehnung des Deckelstückes nicht so stark an der Spitze abgestumpft, wie in den meisten Fällen.

Bischoff[1]) gibt über das Aufspringen an: „sporangium plerumque quidem subaequaliter quadripartitum, fere quadrivalve dicendum“, fügt dann allerdings noch hinzu: „sed et valvis inaequalibus quattuor, imo sex occurrit“. Gegen die erstere Angabe wendet sich Leitgeb[2]) bei der Besprechung der Astroporen, indem er eingehend den Unterschied zwischen dem Aufspringen bei den Jungermanniaceen und den Marchantieen darlegt und betont, dass Sauteria von dem gewöhnlichen Verhalten der letzteren durchaus keine Ausnahme macht.

Für Sauteria liegt auch eine Angabe vor, die Elateren betreffend, die meine Vermuthung, dass bei den Astroporen eine Anzahl derselben auf dem Boden des Sporogons beim Aufspringen haften bleiben könne, bestätigt. Bischoff[3]) schreibt nämlich darüber: „elateres numerosissimi in fundo sporangii affixi“. Die beigegebene Abbildung scheint mir allerdings die Zahl der Elateren bedeutend zu übertreiben; ich vermuthe, dass es sich wie bei Fegatella nicht um „elateres numerosissimi" sondern vielleicht um einige Dutzend Elateren handelt.

Exormotheca.

Von Solms-Laubach[4]) wurde vor einiger Zeit eine Exormotheca beschrieben, die er E. pustulosa nennt und die von Teneriffa stammt. In Bezug auf den Bau der Kapsel gibt er Folgendes an.

„Die polygonalen Zellen der Kapselwand enthalten gelbbraune, U-förmige, oft netzartig verbundene Verdickungsfasern, deren offene Seite nach Aussen gekehrt ist, die Zellen des Kapselbodens besitzen etwas zartere, aber vollkommen geschlossene Verdickungsringe. Den Scheitel der Kapsel nimmt das durch eine nicht ganz regelmässige Kreislinie begrenzte, von etwas weiteren Zellen gebildete Operculum ein, dessen Verdickungsleisten nicht zahlreicher und nicht breiter sind, als an der Seitenwand, weswegen sie bei dem grösseren Durchmesser der Zellen viel lichter und lockerer gestellt erscheinen. . . Die Elateren zeigen wenig Besonderes. . . Eine kleine Anzahl ihnen ähnlicher Zellen hängt wie bei den Cleveïden der Innenseite des Operculums an.“

Eine Exormotheca Holsti aus dem hiesigen Staatsherbar, die ich untersuchte, zeigte ähnliche Verhältnisse. Die Verdickungsleisten waren sehr stark dunkelbraun gefärbt und sehr dicht gestellt, so dass ein Bleichen der Kapselwand mit Javell'scher Lauge nöthig war, um über ihren Verlauf ins Reine zu kommen. Die Halbringfasern waren auf der Aussenwand, auf welche sie mit einer Art Fuss übergriffen, scharf unterbrochen und lagen zu zwei oder drei in einer Zelle regellos orientirt. Meist waren sie verzweigt oder auf der Innenwand netzartig unter einander verbunden und liefen von dort an sämmtlichen Seitenwänden entlang bis auf die nach aussen gekehrte Wand der Zelle. In diesem Fall erinnert das Bild, das sie in der Flächenansicht gewähren, an die sog. Sternzellen mancher Antheren, wie sie Steinbrinck[5]) abbildet.

1) Bischoff, l. c. pag. 1017.

2) Leitgeb, l. c. Heft VI pag. 74.

3) Bischoff, l. c. pag. 1017, Tab. LXVIII, Fig. 26, 27.

4) Solms-Laubach, Ueber Exormotheca Mitten. Botanische Zeitung 1897, Fig. 10, 11, 14 Taf. I.

5) Steinbrinck, Grundzüge d. Oeffnungsmechanik von Blüthenstaub und einigen Sporenbehältern. Botanish Jaarboek VII, Gent 1895, pag. 318.

An den schon aufgesprungenen Kapseln, die ich besass, fehlte der Scheiteltheil grösstentheils. Aber aus den Resten desselben sowie aus den Abbildungen, die Solms gibt, geht deutlich hervor, dass wir es hier nicht mit einem wirklichen Operculum, sondern mit einem Deckelstück, wie es etwa bei den Astroporen oder bei Targionia entwickelt ist, zu thun haben.

Targionia.

Die Wandzellen der fast kugeligen, kurzgestielten Kapsel sind ziemlich kurz, oft fast polygonal, namentlich im oberen Theil der Wand. Sie sind nicht, wie sonst meist der Fall, in regelmässigen Längsreihen angeordnet, sondern ganz unregelmässig gelagert. Auch die Orientirung der Ringfasern ist eine unregelmässige, meist sind sie quer zur Längsachse der Zelle gestellt, oft aber verlaufen sie auch in derselben oder schief zu ihr. Die Ringe sind vielfach verzweigt und im Vergleich zu denen der übrigen hierher gehörigen Formen sehr schwach, oft auch unvollständig, indem sie auf der Innen- und Aussenwand der Zelle ganz oder theilweise aussetzen, besonders in der unteren Hälfte der Kapsel. Im Allgemeinen lässt sich eine Zunahme in der Dicke der Ringfasern von unten nach oben feststellen.

Das Deckelstück ist gekennzeichnet durch die sehr weitlumigen Zellen der Wandschicht im Scheiteltheil der Kapsel, sowie durch eine grosse Anzahl von länglichen oder rundlichen, schlauchartigen Zellen, die ohne bestimmte Anordnung und ohne sich zu einer besonderen Schicht zusammenzuschliessen, der Innenseite der Kapselwand hier angewachsen sind. Sie sind fast durchgehends mit einer oder mit mehreren Spiralfasern, seltener mit Ringfasern versehen. Dazwischen sind einige Elateren festgewachsen, von denen auffallend viele verzweigt sind.

Das Aufspringen findet nach Leitgeb[1]) statt durch unregelmässiges Zerreissen der Kapselwand. Eine directe Beobachtung des Vorganges ist mir nicht gelungen. Hat man glücklich die Hülle entfernt ohne die Kapsel zu verletzen, so stellt sich meist heraus, dass letztere noch nicht ganz reif ist; eine wirklich reife, dem Aufspringen nahe Kapsel aus der Hülle heraus zu präpariren ist fast unmöglich, da die geringste Berührung genügt, um die Wand zum Reissen zu bringen. Nach dem Bau der Wand und dem Aussehen der Wandreste der aufgesprungenen Kapsel muss aber hier ebenso wie bei den übrigen Formen der Gruppe ein Zerfall des Deckelstücks und darauf ein Zerreissen der Wand in Zähne oder Lappen stattfinden, die nur deshalb ausserordentlich unregelmässig ausfallen, weil die Zellen der Wand nicht in regelmässigen Längsreihen angeordnet sind.

II. Gruppe: Operculaten.[2]) Mit angulären Verdickungen in der oberen Hälfte der Kapselwand.

Von dieser Gruppe konnte ich das Verhalten des Sporogons bei sämmtlichen Gattungen an lebendem Material verfolgen.

---

1) Leitgeb, l. c. Heft VI pag. 44.

2) Der Name Operculaten erscheint nicht sehr glücklich gewählt, indem von den fünf hierhergerechneten Gattungen nur dreien ein wirkliches Operculum zukommt, ein solches aber auch sonst bei vier zu ganz anderen Gruppen gehörigen Gattungen vorkommt.

Die annähernd kugeligen Kapseln der Operculaten sind zur Zeit der Reife nicht mehr von der Calyptra umhüllt, da letztere ihr Wachsthum ziemlich früh einstellt und dann von dem weiterwachsenden Sporogon gesprengt wird. Bei der Reife umgibt sie den unteren Theil des Sporogons als geschrumpfte, häutige, höchstens $^1/_3$ der Kapsellänge erreichende Hülle. Nur bei Plagiochasma bleibt sie etwas länger erhalten, wird aber auch hier schon einige Zeit vor der Reife zerrissen.

Verglichen mit den Compositen und Astroporen fällt bei den hier beschriebenen Gattungen die geringe Ausbildeng der mechanischen Elemente auf. Nur bei Reboulia, Plagiochasma und Fimbriaria finden wir eigentliche Verdickungsleisten, die besonders im oberen Drittel der Kapselwand entwickelt sind und allmählich nach dem Kapselgrunde zu abnehmen. Sie sind nur den zur Kapselwand senkrecht stehenden Kanten der Wandzellen angelagert und im Gegensatz zu den stark gebräunten Ringfasern der ersten Gruppe fast glashell. Bei Duvalia und Grimaldia sind diese angulären Verdickungen nur sehr schwach und nicht als eigentliche Leisten entwickelt; als Ersatz finden wir hier eine gleichmässige Verstärkung und Braunfärbung der senkrecht zur Kapseloberfläche gerichteten Zellwände. Diese beiden Gattungen bilden auch durch die scharfe Abgrenzung des mechanisch verstärkten Theils der Kapselwand gegen den aus dünnwandigen Zellen bestehenden unteren Theil einen Gegensatz zu den zuerst angeführten Gattungen.

Das Deckelstück der Operculaten ist nur schwach entwickelt (Fig. 4, 5). Die Zahl der der eigentlichen Kapselwand angelagerten Schichten, welche stets aus kleinen, dünnwandigen Zellen ohne jede Wandverdickung bestehen, ist gering; nur bei Reboulia steigt sie bis vier oder fünf. Bei Fimbriaria finden sich nur einzelne der Kapselwand im Scheitel anhaftende rundliche Zellen.

Auf dem Boden der Kapsel finden sich bei den hierher gehörenden Gattungen festsitzende Elateren nur in sehr geringer Anzahl.

Bei den Operculaten betheiligt sich die Kapselwand soweit sie freiliegt bis fast zur vollständigen Reife an der Assimilation. Selbst nach der Dunkelfärbung des Kapselinhaltes sind ihre Zellen reichlich mit Chlorophyll versehen, wodurch die schon fast reife Kapsel einen grünlichen Schimmer erhält.

Bezüglich des Aufspringens sei hier auf das bei den einzelnen Gattungen Gesagte hingewiesen.

Duvalia und Grimaldia.

Die Wand des kugeligen, auf schwachem, kurzem Stiel mit ziemlich mächtigem Bulbus aufsitzenden Sporogons besteht in der Mitte aus polygonalen, im Scheitel fast cubischen, nach unten zu aus mehr in die Länge gezogenen Zellen.

Auf der Grenze zwischen den hellen, zartwandigen Zellen des unteren Theils der Kapselwand und den braunen Zellen des Deckels liegt, rings um die Kapsel herumlaufend, eine schmale Zone von etwa 3-4 Zellen Breite, deren Zellen in mancher Beziehung von den übrigen Wandzellen abweichen.[1]) Sie sind nämlich auffallend eng, ihre Wände sehr zart und hell. Ihre senkrecht zur Kapselwandfläche gerichteten Wände zeigen da, wo die Trennung später erfolgen soll, jenes auffallende Speichervermögen für Farbstoffe, welches für die in den Trennungslinien liegenden Zellwände so charakteristisch ist (Fig. 13).

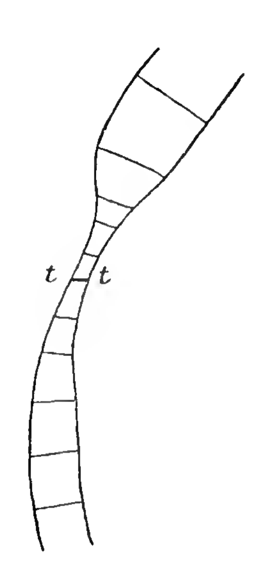


Fig. 13. Duvalia rupestris. Ansatz des Operculums auf einem Längsschnitt durch das ganze Sporogon. *t t* die Stelle der Trennungsnaht, wo das Abreissen stattfinden wird. (100/1.)

Der flache Scheitel der Kapsel ist nur in geringer Ausdehnung durch etwa zwei Lagen von Zellen mit leicht gebräunten Wänden verstärkt und stellt das Deckelstück dar (Fig. 5).

Beim Aufspringen löst sich der aus gebräunten Zellen bestehende Theil der Kapselwand auf der oben beschriebenen vorgebildeten Trennungsnaht als runder Deckel los; der Rest der Kapsel bleibt als Urne erhalten. Da das Abreissen in wechselnder Höhe der Trennungszone stattfindet, ist der Rand des Deckels nicht ganz glatt, sondern schwach gezackt, wobei die Zacken hauptsächlich durch die in grösserer oder geringerer Anzahl anhaftenden hellen kleinen Zellen der Trennungszone gebildet werden, die sich von den dunkeln Zellen des Operculums scharf abheben. Dementsprechend ist auch die Auszackung der zurückbleibenden Urne ebenfalls nur schwach, im Gegensatz zu dem viel gröber gezackten Rande der Urnen von Plagiochasma und Reboulia.

Reboulia und Plagiochasma.

a) Reboulia. Das Sporogon sitzt mit fast unmerklichem Stiel auf einem kleinen Bulbus auf. Die Wandzellen sind wie bei allen Operculaten polygonal, im unteren Theil der Kapsel mehr gestreckt, im Scheitel kürzer. Die Verdickungsleisten sind glashell und angulär gestellt und nehmen vom Scheitel, wo sie am stärksten sind, nach unten allmählich ab. Gegen den Grund des Sporogons macht sich eine zunehmende Bräunung der Zellwände bemerkbar; an der Ansatzstelle des Stieles (von einem Sporogonboden kann man bei den kugeligen Kapseln der Operculaten nicht gut reden) finden sich einige wenige festgewachsene Elateren und elaterenähnliche mit vielen Spiralbändern versehene Schläuche.

---

1) Die abweichende Gestaltung der Zellen an dieser Stelle wird meines Wissens nur von Nees v. Esenbeck (Naturgeschichte der europ. Lebermoose) erwähnt und zwar für Duvalia. Er sagt: „Da, wo die Quernaht liegt, werden die Zellen englumiger und dichtwandiger, es scheint sich hier noch eine Schicht noch kleinerer, rundlicher Zellen zwischen die anderen im Kreise einzuschieben.“

Das Deckelstück ist bei Reboulia etwas vorgewölbt; es sind hier der Kapselwand etwa fünf unregelmässige Lagen kleiner, dünnwandiger Zellen angelagert. Bei der reifen Kapsel sind diese Zellen vollkommen inhaltsleer und sehr locker aneinander gefügt. Die periphere Schicht des Deckelstückes, deren Innen- und Aussenwände deutlich verstärkt sind, ist gegen die inneren Schichten bis auf die wenigen unmittelbar unter dem Scheitelpunkt der Kapsel gelegenen Zellen scharf abgegrenzt.

b) Plagiochasma. Das Sporogon verhält sich, was den Bau der Wand und die Ausbildung und Vertheilung der Verdickungen anbetrifft, genau wie das von Reboulia. Die periphere Schicht des Deckelstückes hebt sich auch hier gegen die nach Innen angelagerte Zellmasse, die bei Plagiochasma jedoch höchstens 2—3 Schichten dick ist, ziemlich scharf ab.

Das Aufspringen geht bei beiden Arten ganz gleichmässig vor sich. Wie bekannt, zerfällt das obere Drittel der Kapsel in unregelmässige Stücke. Die Unregelmässigkeit der Stücke ist aber durchaus nicht so gross, als man auf den ersten Blick meinen könnte. Wir haben vielmehr hier eine merkwürdige Parallele zu dem Oeffnungsmodus, wie ihn Leitgeb[1]) für die Gattung Fossombronia beschreibt. Die Platten, in welche die Wand zerfällt (Fig. 14), sind nämlich auch bei Plagiochasma und Reboulia von ziemlich gleicher Grösse, nur dadurch, dass öfter mehrere derselben mehr oder weniger fest mit einander verbunden bleiben, erhalten die Trümmerstücke der Kapselwand wechselnde Gestalt und Grösse. Nach dem Verlauf der Trennungslinien der einzelnen Platten, welche schon in einer Flächenansicht der Kapselwand deutlich hervortreten, müssen, ebenso wie Leitgeb (l. c.) für Fossombronia angibt, die Platten „den in einem mittleren Embryonalstadium die Wand des jungen Sporogons zusammensetzenden Oberflächenzellen entsprechen". Auch auf einem Längsschnitt durch die Kapselwand treten diese Trennungslinien durch das Verhalten der in ihnen liegenden Zellwände gegen Farbstoffe, sowie durch die schräge Stellung derselben zur Kapseloberfläche, wie auch die Randzellen der losgelösten Zellplatten eine schräge Stellung ihrer in den Trennungslinien gelegenen Wände erkennen lassen. (Vgl. auch Fig. 4.)

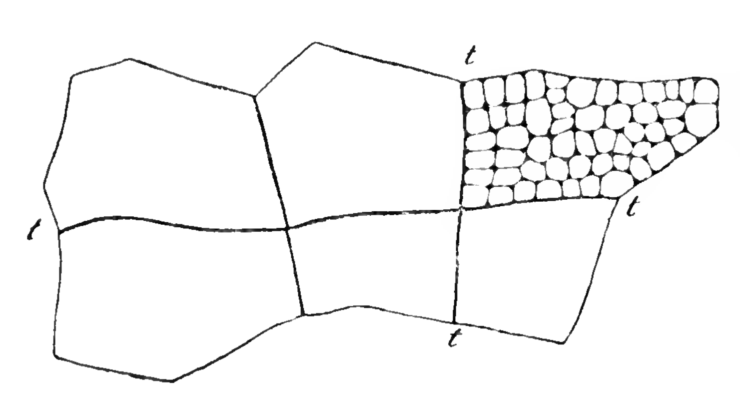


Fig. 14. Plagiochasma Aitonia. Stück der reifen Kapselwand. *tt* Trennungslinien der Platten, in welche die Wand bei der Reife zerfällt.

Der untere Theil der Kapsel bleibt, da hier Trennungslinien fehlen, als Urne mit ziemlich stark und unregelmässig gezacktem Rande erhalten. Die einzelnen Zacken entsprechen immer einer Zellplatte.

Das Aufspringen der Kapsel, wobei das mehrschichtige Deckelstück entsprechend den an seiner Grenze verlaufenden Trennungslinien ziemlich als Ganzes abgeworfen wird, beginnt durchaus nicht immer in der Nähe des Scheitels; im Gegentheil, in der Mehrzahl der Fälle bildet sich der erste Riss an einer beliebigen Stelle der Seitenwand.

---

1) Leitgeb, l. c. Heft III pag. 116.

Fimbriaria.

Die Wandzellen der Fimbriariakapsel zeigen eine gleichmässige Bräunung ihrer Wände, die im Scheitel am hellsten ist und mit der Annäherung an den Grund des Sporogons stark zunimmt. Die angulären, glashellen Verdickungsleisten sind am stärksten im Scheitel entwickelt und nehmen von da nach dem unteren Theil der Sporogonwand allmählich ab, bis sie in den untersten Zelllagen ganz verschwinden, ohne dass sich eine scharfe Grenze ziehen liesse zwischen den Zellen mit Verdickungen und den unverdickten.

Im Grunde des Sporogons sind die Zellwände stark gebräunt, fast undurchsichtig. Auf dem Boden des Sporogons festsitzend bemerkt man zwischen wenigen Elateren eine Anzahl Zellen, theils nur mit sehr stark gebräunter Wandung, theils mit Spiralbändern versehen, die in ihrer Gestalt alle Uebergänge zwischen Elateren und unförmigen, dicken Schläuchen darstellen. Einzelne liegen ganz zusammengefallen der Länge nach als undeutliche braune Streifen der Kapselwand an.

Im Scheiteltheil der Kapselwand sind bei dieser Art von den bei allen Marchantieen angelagerten Schichten nur noch Spuren in Gestalt weniger, vereinzelter Zellen mit stark gebräunten Wänden vorhanden. Einzelne derselben gleichen ganz den Elateren, nur haben sie statt der Spiralbänder gleichmässig verdickte Wände.

Der Vorgang bei der Oeffnung der Kapsel zeigt Anklänge an beide für die Operculaten oben beschriebene Typen. Wie bei Duvalia und Grimaldia wird das obere Drittel der Wand als Deckel abgeworfen, der aber entsprechend dem Fehlen einer vorgebildeten Trennungsnaht sehr unregelmässig ausfällt und eine stark gezackte, ganz an Plagiochasma erinnernde Urne zurücklässt. Ausserdem lösen sich sowohl vom Deckel- als auch vom Urnenrande eine Anzahl viereckiger Zellplatten los, die ganz den bei Plagiochasma beschriebenen gleichen in Bezug auf Gestalt, Grösse und Ausgestaltung ihrer Ränder, und die wohl auch auf das Oberflächenzellnetz eines mittleren Embryonalstadiums des Sporogons zurückzuführen sind.

Das Sporogon von Fimbriaria zeigt in Bezug auf Gestalt, Ausbildung von Stiel und Fuss, Art und Vertheilung der Verdickungsleisten eine ausserordentliche Annäherung an Plagiochasma, der sie auch in der Art des Aufspringens näher steht als den beiden Gattungen Duvalia und Grimaldia.

III. Gruppe: Lunularia.

Lunularia, die auch sonst eine eigenartige Stellung einnimmt, ist die einzige Gattung unter den Marchantieen, welcher Verdickungsleisten in den Zellen ihrer Kapselwand vollständig fehlen. Die Wandzellen sind länglich, im Querschnitt fast quadratisch, mit glatten, dünnen, goldgelb gefärbten Wänden; Radialwände und Innenwände sind etwas stärker und zeigen eine ganz leichte Bräunung. Das reife, noch geschlossene Sporogon sieht jedoch nicht wie z. B. das von Marchantia polymorpha gelb aus, sondern braun, da wegen der Durchsichtigkeit der Wandung die dunkelbraune Färbung des Inhaltes zur Geltung kommt.

Der Grund des Sporogons ist ganz glatt und zeigt keine Spur von jenen elaterenträgerartigen Zellen und festsitzenden Elateren, wie sie sonst bei den Compositen, zu denen ja Lunularia auch gestellt wird, vorkommen.

Am Scheitel bemerkt man eine kleine Gruppe von Zellen in Gestalt eines

dreischichtigen Deckelchens mit ebenfalls ganz glatten, etwas stärker gebräunten Wänden. Ueber den Bau dieses Gebildes gibt ein medianer Längsschnitt durch die Kapsel den besten Aufschluss (Fig. 3). Der linsenförmige Deckel, der hierbei im Querschnitt getroffen wird, besteht aus drei Zellschichten, von denen die mittlere jedoch nicht bis zum Rande reicht, sondern zwischen den beiden Aussenschichten auskeilt. Die obere und untere Schicht haben je acht Zellen im Durchmesser, bei der mittleren ist die Zahl geringer und wechselnd.

Der Deckel ist genau genommen nicht rund, sondern achteckig. An der geschlossenen Kapsel ist er so orientirt, dass er mit den zugespitzten Ecken (keilförmig) zwischen die Spitzen der acht Klappen, mit denen das Sporogon aufspringt, hineingreift (Taf. XII Fig. 2). Zwischen den Ecken sitzen immer in der Mitte einer Seite acht weitere kleine Zähnchen, die in entsprechende kleine Einkerbungen an den Spitzen der Klappen passen. Die Seiten des Achtecks sind nicht ganz gerade, sondern schwach concav nach der Mitte eingebogen, entsprechend den rundlich abgestumpften Klappenspitzen.

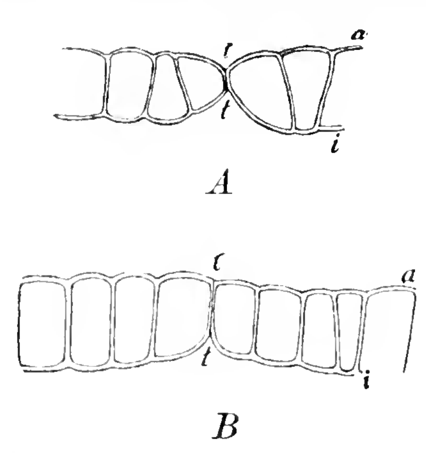


Fig. 15. Lunularia vulgaris. Wand des fast reifen, quergeschnittenen Sporogons. *a* Aussen-, *i* Innenseite der Wand; *t t* Trennungslinie: *A* der Klappen I. Ordn., *B* II. Ordn. (200/1.)

An der geschlossenen Kapsel sind die Trennungslinien der Klappen nicht zu bemerken. Auf einem Querschnitt durch das Sporogon, am besten noch vor der Reife, wird man sie jedoch nach einigem Suchen immer finden. An den Trennungslinien I. Ordnung, welche zuerst aufreissen, scheint die Verbindung der anliegenden Zellen der Kapselwand lockerer zu sein als an den später aufreissenden.

Die Orientirung des Deckels zu den Trennungslinien lässt sich leicht feststellen in dem Fall, dass er nach dem Aufspringen an einer der Klappen festsitzen bleibt. Aus dem Verlauf der beiden Zellwände, durch welche in den ersten Entwickelungsstadien des Sporogons die primäre Quadrantenbildung (im oberen Stockwerk) stattfand, und welche zuweilen an dem fertigen Deckel noch zu erkennen sind, ist mit Sicherheit nachzuweisen, dass bei Lunularia die Trennungslinien der Klappen I. Ordnung, genau wie bei den Jungermanniaceen, der Lage der Hauptwände entsprechen.

Die erste und einzige Erwähnung des Lunularia-Deckels in der Litteratur findet sich bei Leitgeb[1]), der ihn vergleicht „mit den ähnlichen deckelartigen Bildungen, wie sie bei den übrigen Marchantiaceen (Fimbriaria, Cyathodium) vorkommen“. Diesen Vergleich kann man für Cyathodium wohl gelten lassen, dessen Kapsel ja überhaupt nach demselben Plan (kleines, dreischichtiges Deckelchen und acht vorgebildete Klappen), wie die der Lunularia gebaut ist, bei Fimbriaria liegt aber, wie schon weiter oben ausgeführt, die Sache wesentlich anders.

Wohl bei keiner anderen Gattung sind so viele widersprechende und unrichtige Angaben über das Aufspringen des Sporogons vorhanden wie gerade für Lunularia, was wohl damit zusammenhängt, dass die wenigsten Autoren Gelegenheit hatten, selbst die Verhältnisse in natura zu untersuchen und deshalb immer auf die Schilderungen ihrer Vorgänger zurückgreifen mussten. Nach den überein-

1) Leitgeb, l. c. Heft VI, pag. 102.

stimmenden Angaben vieler Beobachter[1]), wie Micheli, Dillen, Raddi, Savi u. A. m. scheint die Art in ihrer Heimat äusserst selten mit reifen Fruchtköpfen angetroffen zu werden und bei uns fructificirt sie trotz massenhafter Verbreitung in Gewächshäusern, Gärtnereien etc. überhaupt nicht, weil bei uns nur ♀ Exemplare dieser diöcischen Pflanze vorkommen.

Die erste Schilderung des Aufspringens der Lunularia-Kapsel stammt von Micheli[2]). Aus dieser Schilderung haben die meisten Autoren mittelbar oder unmittelbar geschöpft, und so werden die unrichtigen Angaben Micheli's zur Quelle zahlloser Irrthümer. Nach Micheli sollen nämlich die Elateren beim Aufspringen an den Spitzen der Klappen pinselartig hängen bleiben. Er findet für diese Angaben bald einen Gegner in Dillen[3]), der auch eine Abbildung, allerdings etwas undeutlich, eines geöffneten Sporogons gibt, bei der die Klappenspitzen auch ohne die Micheli'schen Elaterenbüschel gezeichnet sind. Bischoff[4]), der das Aufspringen nicht selbst hat beobachten können, findet die Dillen'sche Schilderung nicht recht glaubwürdig und zieht Micheli's Beschreibung vor. Unter seinen, die Lunularia darstellenden Figuren befindet sich auch ein Fruchtkopf mit vier aufgesprungenen Sporogonen, bei denen die Elateren pinselartig den Klappenspitzen aufsitzen. Von dieser Abbildung sagt er wörtlich: „Ich habe einen Fruchtkopf dargestellt (Taf. LXVII Fig. 19), wie sich derselbe nach Micheli's Angabe von der unteren Seite vergrössert ausnehmen würde“. Ausdrücklich fügt er dann hinzu: „Es mögen spätere Beobachtungen an lebenden Pflanzen entscheiden, ob Micheli's oder Dillen's Darstellung die richtige sey“. Diese Abbildung hat viel dazu beigetragen, den Irrthum zu verbreiten, als sei die Frage, wie die Kapsel eigentlich aufspringt, schon entschieden. Erst in neuester Zeit hat Goebel[5]) wieder darauf hingewiesen, dass dem nicht so ist: „Darnach (d. h. nach der Beschreibung Micheli's), nicht nach der Natur, ist auch seine Abbildung entworfen, welche spätere Autoren dann ohne Weiteres als Beobachtungsresultat betrachteten und copirten“.

Die Uebereinstimmung im Aufspringen der Lunularia-Kapsel mit den Jungermanniaceen hat Bischoff aber schon richtig erkannt, wenn ihm auch die Existenz eines Deckels verborgen blieb.

Die Synopsis Hepaticarum[6]) spricht wieder ausdrücklich von an den Klappenspitzen anhaftenden Elateren: „Elateres decidui, paucis in valvarum apice residuis.“ Auch Nees v. Esenbeck[7]) gibt an, dass die Schleudern lange an den Enden der Klappen haften bleiben und sich hier pinselförmig aufrichten sollen.

Leitgeb erwähnt über das Verhalten der Elateren nichts; in Bezug auf das Aufspringen gibt er als erster an, dass der Vorgang durch Loslösung eines

---

1) Bischoff, l. c. pag. 1012.

2) Micheli, Nova genera plantarum 1729.

3) Dillen, Historia muscorum. Oxon. 1741, pag. 521.

4) Bischoff, l. c. pag. 1011.

5) Goebel, Function und Anlegung der Lebermooselateren. Flora 1895 pag. 33.

6) Synopsis Hepaticarum. Gottsche, Lindenberg et Nees ab Esenbeck. Hamburg 1844.

7) Nees v. Esenbeck, Naturgesch. d. europ. Lebermoose.

Deckels eingeleitet wird, ohne indess näher auf die Verhältnisse einzugehen. Seine Angabe scheint aber gänzlich unbeachtet geblieben zu sein. Auch Schiffner[1]) muss sie entgangen sein, der nur angibt: „Kapsel mit vier Klappen sich öffnend“ und dazu die oben erwähnte unrichtige Abbildung aus Bischoff's „Bemerkungen über die Lebermoose“ wiedergibt.

Dank der freundlichen Unterstützung des Herrn Prof. Goebel mit Material, das er in Italien gesammelt, war es mir möglich, durch directe Beobachtung des Vorganges an der lebenden Pflanze die oben citirten Angaben zu ergänzen, bezw. zu berichtigen.

Das Aufspringen wird durch das Abheben des sich beim Loslösen concav auf der Aussenseite krümmenden Deckelchens eingeleitet, dann spaltet sich die Kapsel auf den Trennungslinien I. Ordnung bis auf den Grund in vier gleich grosse, glattrandige Klappen (Taf. XII Fig. 1, 2), die ich als die Klappen I. Ordnung bezeichnen möchte, weil sie, wie schon erwähnt, den Scheitelquadranten der jungen Sporogonanlage entsprechen. Dass an den Klappenspitzen ganze Elaterenbüschel oder auch nur einzelne Elateren anhaften sollen, ist ganz unrichtig; bei einer ganzen Anzahl von Sporogonen fand sich nie auch nur der geringste Anhaltspunkt für ein solches Verhalten. Auch Mikrotomschnitte durch fast reife, noch geschlossene Sporogone zeigten, dass ein solches Verhalten gar nicht in Frage kommen kann. Das Deckelchen bleibt meist an der Spitze einer Klappe haften, an den übrigen bemerkt man deutlich die seinen Ecken entsprechenden Einkerbungen. Die Klappen schlagen sich allmählich weit aus einander, ohne sich einzurollen. Mit der Entleerung der Sporen- und Elaterenmasse schreitet dann auch die Austrocknung der Wand fort und die schrumpfenden Klappen spalten sich ebenfalls auf vorgeschriebenen Trennungslinien in je zwei weitere Klappen II. Ordnung. Diese sind oft spiralig gewunden und schlagen sich bei völliger Austrocknung ganz zurück.[2]) Zuweilen unterbleibt auch die weitere Spaltung bei einer oder mehreren Klappen, daher die Angaben über ein Aufspringen mit einer wechselnden Anzahl (6—8) Klappen.

IV. Gruppe: Cyathodium.

Für Cyathodium hat Leitgeb[3]) eine genaue und eingehende Schilderung des Kapselbaues gegeben. Seinen Angaben, auf die hiermit verwiesen sei, habe ich nur wenig hinzuzufügen. Ich fand nicht die obere Hälfte sondern höchstens das obere Drittel der Kapselwand aus Ringfasern bestehend. Auch liefen alle Ringfasern vollkommen um die Zelle herum, keineswegs waren sie aber an der Innenwand unterbrochen, dagegen machte sich auf der Aussenwand zuweilen eine schwächere Ausbildung der Ringe geltend, was namentlich an der Grenze zwischen Ringfaserzellen und glatten Zellen auffiel. Die Innenwände der mit Ringfasern versehenen Zellen zeigten eine ausgesprochene Bräunung und Verdickung. Vom Scheitel nach dem Kapselgrunde zu war eine deutliche Abnahme in der Stärke und Breite der Ringe zu bemerken. Erwähnen möchte ich auch eine Abweichung im Bau des Deckels, die mir mehrmals aufstiess. Ich fand nämlich in einigen Fällen die Aussenschicht des Deckels nicht aus vier sondern aus acht Zellen be-

1) Schiffner, Hepaticae in Engler und Prantl's Natürlichen Pflanzenfamilien, Lfg. 91 pag. 34, Fig. 19 F.

2) Vgl. Bischoff, l. c. Taf. LXVII Fig. 8*a, b*.

3) Leitgeb, l. c. Heft VI pag. 136 ff.

stehend. Ob in diesen Fällen auch eine Verdoppelung der gewöhnlichen Zellenzahl in den beiden übrigen Schichten stattfand, konnte ich nicht unterscheiden.

Beim Aufspringen wird erst das Deckelchen abgeworfen, worauf sich die Kapselwand soweit die Ringfaserzellen reichen in acht Klappen oder besser Zähne spaltet. „Die Bildung dieser Zähne" sagt Leitgeb, „ist jedoch nicht Folge eines zufälligen Zerreissens, sondern hängt ähnlich wie bei den Jungermanniaceen mit bestimmten Theilungsvorgängen in den ersten Entwickelungsstadien zusammen. Es entsprechen die Zähne genau den acht peripherischen Zellen der innersten Schichte des Deckelchens. . . Da nun die Gruppirung dieser Zellen unzweifelhaft auf ihre Entstehung durch Quadranten und Octantentheilung hinweist, so ist es wohl naheliegend, die Zahnbildung auf diese primäre Octantenbildung eines Stockwerkes zurückzuführen".

II. Anakrogyne Jungermanniaceen.

Untersuchte Arten:

Aneura multifida Dum.
„ pinguis Dum.
„ spec. (Java).
Metzgeria furcata N. a. E.
Hymenophyton flabellatum Dum.
„ Phyllanthus Dum.
Blyttia Lyellii Gray.
Symphyogyna sp. (Australien).
„ sinuata M. et N.
Monoclea Forsteri H. K.
Pellia calycina N. a. E.
„ epiphylla N. a. N.
Treubia insignis Goebel.
Blasia pusilla Linn.
Fossombronia pusilla N. a. E.
„ Dumortieri Lindb.
„ caespitiformis N. a. E.
Haplomitrium Hookeri N. a. E.
Calobryum Blumei N. a. E.

Die anakrogynen Jungermanniaceen zeichnen sich aus durch eine überraschende Mannigfaltigkeit und Veränderlichkeit im Bau der Sporogonwand, und es lassen sich bei dieser Abtheilung eine ganze Anzahl von Typen unterscheiden. Ein einheitlicher Typus wie bei den foliosen Jungermanniaceen existirt nicht; nicht ein Merkmal findet sich, das wirklich für alle hierhergehörigen Gattungen Geltung hätte. Während die Kapselwand der foliosen Jungermanniaceen ohne Ausnahme mehrschichtig ist, die der Marchantiaceen stets einschichtig,

finden wir bei den anakrogynen Jungermanniaceen ein- und mehrschichtige Wandungen. Auch die Zahl der ausgebildeten Trennungslinien, die Vertheilung und Ausbildung der Wandverdickungen liefern kein einheitliches Merkmal für die Abtheilung.

Die hierhergehörigen Formen weichen in vieler Beziehung von den übrigen Lebermoosen ab. Ich denke hierbei namentlich an die Längsorientirung der Ringfasern der Wandzellen bei Haplomitrium und Calobryum, die horizontale Stellung der Monoclea-Kapsel, das Aufspringen durch Längsrisse, indem die Kapselklappen an der Spitze zusammenhängen, wie es bei mehreren Gattungen vorkommt. Auch die Elaterenträger, wie sie bei Pellia, Aneura u. A. m. vorkommen, sind dieser Gruppe eigenthümlich.

Die Sporogonwand ist ein- bis vierschichtig. Eine wirklich einschichtige Wand fand ich nur bei Monoclea, Calobryum und Haplomitrium; in anderen Fällen, wo die Beschreibungen stets eine einschichtige Wand angeben, zeigte sich, dass die Einschichtigkeit nur mit gewissen Einschränkungen zutrifft. Bei den mehrschichtigen Sporogonwandungen sind entweder die Wandzellen der Aussenschicht unverdickt (nur Treubia und Fossombronia) oder umgekehrt, die Verdickungen sind auf die Zellen der Aussenwand beschränkt, oder es sind drittens alle Schichten mit Verdickungen ausgestattet. Im letzteren Falle ist die Ausbildung der Verdickungen in der Aussenschicht stets eine andere wie in den inneren Schichten.

In der Stellung der Wandverdickungen, die als Ringfasern, als Halbringfasern, als Leisten oder als mehr oder minder gleichmässige Verdickung einzelner Wände auftreten, zeigt sich derselbe Grundplan wie bei den akrogynen Jungermanniaceen. Stets sind vorwiegend die Radialwände und Innenwände verdickt. Bei den Gattungen, welche Verdickungen in den Zellen der Aussenschicht und Innenschicht aufweisen, sind die der Aussenschicht stets auf die Radialwände der Zellen beschränkt, während die Innenschicht mit nach Aussen offenen Halbringfasern ausgestattet ist. Symphyogyna, Blyttia und Hymenophyton Phyllanthus gehören sowohl nach ihrem Aufspringen als auch nach der Ausbildung ihrer Wandverdickungen zusammen; die Radialwände der Aussenschicht (die für das Aufspringen allein in Betracht kommt) sind gleichmässig verdickt und gebräunt, meist greift die Verdickung noch etwas auf die Innenwand über. Aehnlich verhalten sich Hymenophyton flabellatum und Blasia pusilla, bei welchen jedoch die Verdickung der Radialwand unregelmässig streifenförmig ist und namentlich bei Blasia schon einen Uebergang bildet zu den For-

men mit mehreren, der Radialwand der Zellen aufgelagerten Querleisten.

Beim Aufspringen theilt sich gewöhnlich die Wand des Sporogons in vier gleiche Klappen, bei Pellia reichen die Klappen nicht alle bis zum Scheitel, so dass hier nur je zwei und zwei Klappen gleich sind. Bei den Formen mit langcylindrischen Kapseln reisst die Wand mit vier (seltener zwei bis sechs) Längsrissen auf, indem die Kappenspitzen in dem mehrschichtigen Scheiteltheil verbunden bleiben. Die Monoclea-Kapsel öffnet sich in einem Längsriss; ein Verhalten, das Nees v. Esenbeck[1]) auch für Calobryum angibt, bei welchem ich selbst keine Gelegenheit hatte, das Aufspringen zu beobachten. Ein unregelmässiger Zerfall der ganzen Wand in einzelne Platten findet bei Fossombronia statt, nach Leitgeb[2]) auch bei Petalophyllum.

Die Trennungslinien sind viel weniger deutlich wie bei den foliosen Jungermanniaceen und oft schwer aufzufinden, da die in Betracht kommenden Membranen hier nur eine geringe Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe besitzen. Ausserdem fehlt meist das kleinzellige Gewebe, von dem bei den foliosen Jungermanniaceen die Trennungslinien regelmässig eingefasst werden. Zuweilen ist dasselbe jedoch wie bei Pellia (Fig. 21) recht deutlich ausgebildet. Nach Leitgeb[3]) scheinen ursprünglich stets vier Trennungslinien angelegt zu sein, sogar bei Monoclea, doch scheinen sie nicht immer den primären Längswänden des Embryos zu entsprechen (z. B. bei Symphyogyna nicht). Bei Blyttia steigert sich die Zahl der Trennungslinien zuweilen bis sechs, doch bilden auch hier vier die Regel.

Unter den untersuchten Arten fanden sich sieben mit Elaterenträgern, zu vier verschiedenen Gattungen gehörend. Zwischen der Art des Aufspringens und dem Vorhandensein oder Fehlen von Elaterenträgern scheint ein gewisser Zusammenhang zu bestehen, indem sich die mit Schleuderträgern versehenen Arten stets mit vier sich weit zurückschlagenden Klappen öffnen, wobei es gleichgiltig ist, ob derselbe scheitelständig oder bodenständig ist, während umgekehrt das Fehlen des Elaterenträgers mit einem Aufspringen auf Längsrissen verbunden zu sein pflegt. Ausnahmen von dieser Regel bilden von den untersuchten Gattungen nur Blasia und Fossombronia, welch letztere ja einen ganz abweichenden Oeffnungsmodus besitzt.

---

1) Nees v. Esenbeck, Enumeratio plantarum cryptogamicarum Javae et insularum adjacent. Fasc. I Hepaticae. Breslau, Grass, Barth u. Co.

2) Leitgeb, l. c. Heft III pag. 133.

3) Leitgeb, l. c. Heft III pag. 28.

Die Bedeutung der Elaterenträger ist nach Goebel[1]) in der Förderung der Sporenaussaat zu suchen.

Die Formen, deren Kapseln sich mittelst Längsrissen öffnen, erreichen dadurch, dass aus den schmalen Rissen nur immer ein geringer Theil des Inhalts auf einmal heraustreten kann, eine allmähliche Ausstreuung ihrer Sporen.

Den inneren, zartwandigen Schichten der Kapselwand, die sich bei den einzelnen hier in Betracht kommenden Gattungen in der reifen Kapsel in verschiedenen Erhaltungszuständen vorfinden, kommt wohl als Hauptfunction die Abgabe von Nährstoffen an das sporogone Gewebe während der Entwickelung der Kapsel zu; eine andere, etwa mechanische Bedeutung können sie bei ihrer Dünnwandigkeit und Hinfälligkeit nicht besitzen. Bei Pellia calycina sind diese Schichten in der reifen Kapsel vollkommen intakt (zuweilen sogar mit einzelnen, ganz schwach verdickten Wänden) und schliessen als glatte Fläche die Kapselwand gegen den Sporenraum ab. In der reifen Blasia-Kapsel sind stets zwei dünnwandige Innenschichten mehr oder minder deutlich erhalten. Bei Blyttia und Symphyogyna finden sich in der Wand des jungen Sporogons ausser der später verdickten und dann die eigentliche Sporogonwand darstellenden Schicht nach Innen noch zwei Lagen ganz dünnwandiger, inhaltsreicher Zellen. Bei Symphyogyna bleibt von diesen beiden Schichten in der reifen Kapsel kaum noch eine Spur erhalten, so dass die Wand stets als einschichtig beschrieben wird; bei Blyttia scheint die der verdickten Wandschicht anliegende erhalten zu bleiben, die innere geht zu Grunde. Das Sporogon der beiden letztgenannten Gattungen besitzt demnach eine Einrichtung, die sich mit der Tapetenschicht in den Sporangien der Pteridophyten und den Antheren der Phanerogamen wohl vergleichen lässt.

Aehnliche Verhältnisse herrschen vermuthlich auch bei Hymenophyton, dessen Sporogon zur Zeit der Reife ausser der die eigentliche Wand bildenden, mit verdickten Zellwänden versehenen Schicht noch eine oder mehrere Lagen dünnwandiger, ganz zusammengefallener Zellen aufweist. Zur Untersuchung der jüngeren Stadien fehlte mir leider geeignetes Material.

Ueber die verschiedenartige Ausbildung der Sporogonwand bei den untersuchten Gattungen gibt folgende Tabelle einen kurzen Ueberblick:

---

1) Goebel, Ueber Function und Anlegung der Lebermooselateren. Flora 1895 pag. 23.

A. Sporogonwand einschichtig.

I. Wandzellen mit je einer längsgestellten Ringfaser:
  a) Kapsel länglich, 4klappig aufspringend:
    Haplomitrium.
  b) Kapsel langcylindrisch, sich mit einem Längsriss öffnend:
    Calobryum.

II. Wandzellen mit netzartig verdickten Radialwänden, Kapsel cylindrisch, horizontal gestellt, sich mit einem Längsriss öffnend:
    Monoclea.

B. Sporogonwand mehrschichtig.

I. Sporogon kugelig, Zellen der Aussenschicht ganz unverdickt:
  a) Zwei bis drei Innenschichten mit Halbringfasern:
    Treubia.
  b) Nur eine Innenschicht mit Verdickungen der Zellwände, Sporogonwand beim Oeffnen unregelmässig zerfallend:
    Fossombronia.

II. Zellen der Aussenschicht mit verschiedenartigen Wandverdickungen:
  a) Sporogon mit Elaterenträger; stets 4klappig aufspringend:
    1. Elaterenträger scheitelständig:
      α) Wand zweischichtig, Zellwände in beiden Schichten verdickt:
        Aneura. Metzgeria.
      β) Verdickungen nur in den Zellen der Aussenschicht, Innenschicht dünnwandig:
        Hymenophyton flabellatum.
    2. Elaterenträger bodenständig, Sporogon kugelig:
        Pellia.
  b) Sporogon ohne Elaterenträger:
    1. Sporogon cylindrisch, sich auf (meist vier) Längsrissen öffnend, indem die Klappenspitzen verbunden bleiben; Zellen der Aussenschicht mit gleichmässig verdickten Radialwänden; Innenschichten nur im jungen Sporogon deutlich entwickelt, später hinfällig:
        Symphyogyna. Blyttia. Hymenophyton Phyllanthus.
    2. Sporogon länglich, 4klappig aufspringend, Zellen der Aussenschicht mit ungleichmässig verdickten Radialwänden:
        Blasia.

Aneura.

Die Wand der Aneura-Kapsel besteht aus ziemlich langgestreckten Zellen und ist zweischichtig. Wir unterscheiden eine Aussenschicht, deren Zellen auf den Radialwänden Verdickungen tragen, und eine Innenschicht, bei welcher hauptsächlich die an den Sporenraum grenzenden Wände der Zellen verdickt sind. Bei Aneura multifida, die ich der Güte des Herrn Dr. Levier in Florenz verdanke, sind die Verdickungen der Radialwände der Aussenschicht als zahlreiche, horizontal gestellte Leisten ausgebildet, die der Innenschicht sind Halbringfasern, welche mit kurzen Füsschen auf die Aussenwand der Zelle übergreifen. Bei einer grossen javanischen Aneura kommt durch die sehr zahlreichen, verzweigten Halbringfasern der Innenschicht eine netzartige Verdickung der Innenwand der Zelle zu Stande. Die Radialwände der Aussenschicht dieser Art wiesen eine Eigenthümlichkeit auf, die ich sonst nicht beobachtet habe. Auf einem Längsschnitt durch das Sporogon täuscht diese Schicht durch die eigenartige Ausbildung der Wandverdickungen ein kleinzelliges Gewebe vor; man glaubt kleine kubische Zellen vor sich zu haben. Erst bei genauerem Zusehen, am leichtesten bei gefärbten Präparaten, erkennt man die wirklichen Zellgrenzen und sieht, dass es sich hier auch um langgestreckte Zellen handelt. Dadurch, dass die sonst einfachen leistenartigen, quergelagerten Verdickungsstreifen durch vertikale, an den Kanten der Zelle verlaufende Bänder verbunden sind, entsteht hier eine leiterförmige Verdickung der Radialwand, deren einzelne Abschnitte leicht Zellen vortäuschen.

Ausgezeichnet sind die Aneura-Sporogone durch den Besitz von scheitelständigen Elaterenträgern, die bei den grosskapseligen Arten einen ziemlichen Umfang erreichen. In den Beschreibungen früherer Autoren[1]) werden die Elaterenträger theilweise als festsitzende Elateren beschrieben. Nees v. Esenbeck[2]) und Gottsche[3]) betrachten sie als Auswüchse der Innenschicht der Kapselwand. Eine genauere Beschreibung dieser Gebilde finden wir erst bei Jack[4]), welcher zuerst die Bezeichnung Elaterenträger oder Schleuderträger einführt. Auch Goebel[5]) hat die Elaterenträger von Aneura untersucht und namentlich ihre Entwickelungsgeschichte klargelegt. Ferner setzt er ihre Bedeutung für die Sporenaussaat aus einander und zeigt, dass sie deutliche Trennungslinien besitzen, zu denen ihre Halbringfasern in bestimmter Weise orientirt sind. Mit Goebel (l. c. pag. 27) möchte ich das Vorhandensein von Elaterenträgern für sämmtliche Aneura-Arten annehmen, auch für A. pinnatifida, bei welcher Gottsche das Vorkommen dieser Gebilde verneint. Da von den Arten (A. multifida, A. pinguis und einer nicht näher bestimmten javanischen Art), welche mir zur Untersuchung vorlagen, die Elaterenträger bereits entweder von Jack oder von Goebel beschrieben worden sind, so beschränke ich mich darauf zu bemerken, dass meine Befunde mit den diesbezüglichen Angaben der genannten Autoren vollkommen übereinstimmen. Das Aufspringen der Kapsel, das mit vier

1) Z. B. Du Mortier, Hepaticae europaeae pag. 141.

2) Nees v. Esenbeck, Naturgesch. d. europ. Lebermoose, Bd. III pag 425.

3) Gottsche, Anatom.-physiolog. Untersuchungen über Haplomitrium Hookeri. Nova acta acad. Leopold. Carolinae. 1844.

4) Jack, Botan. Zeitung 1877 pag. 83.

5) Goebel, Ueber Function und Anlegung der Lebermooselateren. Flora 1895 pag. 20 ff.

Klappen erfolgt, konnte ich nicht selbst verfolgen und verweise deshalb auf die von Goebel gegebene Schilderung des Vorganges (l. c. pag. 23).

Metzgeria.

Metzgeria schliesst sich im Bau ihrer Kapsel eng an Aneura an. Auch hier ist ein kleiner, aber typisch ausgebildeter Elaterenträger[1]) vorhanden. Die Kapselwand besteht aus zwei Schichten, einer Aussenschicht mit Verdickungsleisten auf den Radialwänden ihrer Zellen und einer inneren Schicht mit Halbringfasern, die nur schwach entwickelt sind und gegen die sehr viel stärkeren der Aussenschicht ganz zurücktreten. Die Verdickungen der Aussenschicht zeigen in der Vertheilung auf die einzelnen Zellen eine bestimmte Anordnung. Auf den in der Trennungslinie liegenden Radialwänden fehlen sie vollständig, sind aber in den zu beiden Seiten der Trennungslinie verlaufenden drei Zellreihen um so stärker entwickelt und auch in grösserer Anzahl vorhanden, als in den mehr der Klappenmitte genäherten Zellen. Sie liegen in diesen drei Zellreihen immer nur den von der Trennungslinie abgekehrten Radialwänden der Zellen, während ihre Vertheilung in den übrigen Zellen wechselt, und greifen mit kurzen Fortsätzen auf Innen- und Aussenwand über. Auf den genau in der Mittellinie der einzelnen Klappen liegenden Radialwänden fehlen die Verdickungen in den Zellen der Aussenschicht wieder ganz.

Das Aufspringen findet statt wie bei Aneura.[2])

Hymenophyton flabellatum.

Die Wand der langcylindrischen Kapsel besteht in der Hauptsache aus der verdickten Aussenschicht, welche auf ihrer Innenseite eine oder zwei Schichten ganz dünnwandiger Zellen trägt. Die ziemlich kurzen Zellen der Aussenschicht sind auf den Radialwänden ungleichmässig verdickt; auf einer die ganze Wand überziehenden, stark gebräunten Verdickungslamelle sind eine Anzahl undeutliche, mit einander verbundene und verschmolzene, quergelagerte Verdickungsleisten angebracht, die sich auch etwas auf der Innenwand der Zelle fortsetzen.

Für H. flabellatum werden meist an den Klappenspitzen festsitzende Elateren angegeben. Aber ebenso wie bei Aneura sitzen die Elateren nicht direkt den Klappenspitzen an, sondern auf einem ausgeprägten Elaterenträger, der im Bau allerdings etwas von demjenigen der Aneura-Arten verschieden ist. Statt des länglichen, cylindrischen, in den Sporenraum hineinragenden Körpers, den wir dort finden, haben wir es hier mit einem dem Scheitel des Sporogons anliegenden, flachen Zellcomplex zu thun, der nur wenige Zellschichten dick ist und mehr an die der Kapselwand im Scheitel angelagerten Schichten bei H. Phyllanthus erinnert. Das kleinzellige Gewebe dieses Gebildes setzt sich deutlich von den weiten Zellen der Kapselwand ab; die Wände der Zellen sind ungleichmässig verdickt und gebräunt. Die Zellen der an den Sporenraum grenzenden Schicht sind zu kurzen, zugespitzten Schläuchen ausgewachsen, deren Wände gleichmässig gebräunt oder mit einer bis mehreren, bald breiten, bald schmäleren Spiralfasern ausgestattet sind. Zwischen diesen Schläuchen ist eine grosse Anzahl sehr langer Elateren festgewachsen. Das Verhalten des Elaterenträgers in der geschlossenen

---

1) Vgl. Jack, l. c pag. 83. — Goebel, l. c. pag. 20 ff.

2) Goebel, l. c. pag. 28.

Kapsel konnte ich nicht beobachten, da sämmtliche Sporogone, die ich sah, bereits mit vier bis zum Grunde reichenden, weit aus einander geschlagenen Klappen aufgesprungen waren. Ein Aufrichten der Theilstücke des Elaterenträgers beim Aufspringen ist durch ihre Form natürlich ausgeschlossen, doch führt das aus den mit einander verflochtenen und zusammengedrehten Elateren bestehende, schopfartige Gebilde, das man an den Klappenspitzen findet, meist eine derartige Bewegung aus. Dieser Schopf, der auf den ersten Blick direkt der Klappenspitze anzusitzen scheint, lässt sich leicht wegpräpariren, wobei der Elaterenträger ziemlich intakt zurückbleibt.

In der geschlossenen Kapsel muss die dem Elaterenträger ansitzende Elaterenmasse einen ziemlichen Umfang besitzen und etwa $^1/_3$ der Kapsellänge erreichen. Es ist daher anzunehmen, dass sich im jungen Sporogon ein centraler, steriler Gewebekörper, eine Columella ausbildet, wie sie Goebel für Aneura und Metzgeria nachgewiesen hat und aus welcher dann später die mit dem Elaterenträger verwachsenen Elateren hervorgehen. Die Hauptmasse des Schleuderträgers scheint aus Spaltungen der primären Wandschicht zu entstehen, ob sie auch zum Theil, wie bei H. Phyllanthus, die directe Fortsetzung der beiden, aus dünnwandigen Zellen bestehenden Lagen der Kapselwand bildet, konnte ich an dem mir zugänglichen Material nicht entscheiden.

Auch auf dem Boden der Kapsel findet sich eine Gruppe von Zellen, die man als Elaterenträger bezeichnen könnte, wenngleich es hier nicht zur Bildung eines besonderen Gewebekörpers kommt. Es ist nämlich der Boden bedeckt von einer grossen Anzahl verschieden gestalteter Zellen, an und zwischen denen eine Anzahl Elateren festsitzt. Die Zellen sind meist rundlich mit glatten Wänden, die nur leicht gebräunt sind, oder zapfenförmig, schlauchförmig mit mehreren Spiralfasern, und endlich finden sich auch Zellen, welche sowohl ihrer Form nach als auch nach der Ausstattung mit Spiralfasern alle Uebergänge zwischen den erstgenannten und den eigentlichen Elateren bilden.

Hymenophyton Phyllanthus.

Das cylindrische, bis 3 mm lange Sporogon dieser Art weicht in mancher Beziehung von dem des H. flabellatum ab. Abgesehen von dem Fehlen eines ausgebildeten Elaterenträgers ist die Verdickung der Zellwände der Aussenschicht viel schwächer, die Zellen sind langgestreckt und ihre Radialwände gleichmässig verdickt. Die beiden dünnwandigen Schichten, die den Sporenraum umkleiden, verhalten sich wie bei H. flabellatum, werden aber mit der Annäherung an den Scheitel etwas deutlicher und finden dort ihre directe Fortsetzung in den Schichten der verdickten Wand, die hier bis zu sechs Zelllagen dick wird. Dieser Gewebecomplex, aus ziemlich engen, dünnwandigen, schwach gebräunten Zellen bestehend, erinnert sehr an den Elaterenträger von H. flabellatum. Es sind auch einzelne der an den Sporenraum grenzenden Zellen desselben zu kurzen, zugespitzten Schläuchen ausgewachsen, die in den meisten Fällen glatte, nur leicht gebräunte Wandungen haben, zuweilen aber auch mit deutlichen Spiralbändern ausgestattet sind und sich von den für H. flabellatum beschriebenen Zellen des Elaterenträgers nur durch ihre schwächere Verdickung unterscheiden. Dass an oder zwischen diesen Zellen Elateren festsitzen, konnte ich nie bemerken, eine endgiltige Entscheidung darüber, ob dieser Fall zuweilen vorkommt oder nicht, liess sich an dem mir zugänglichen Herbarmaterial nicht fällen (Fig. 16).

Auch auf dem Grund des Sporogons sitzen eine Anzahl zapfenförmige, gebräunte, zuweilen mit Ringfasern oder Spiralen versehene Zellen auf.

Das Aufspringen der Kapsel erfolgt auf vier Längsrissen, wobei die Klappenspitzen durch den mehrschichtigen Theil der Wand im Scheitel zusammengehalten werden, obgleich auch dieser von den Trennungslinien durchzogen wird (Fig. 16 *tt*).

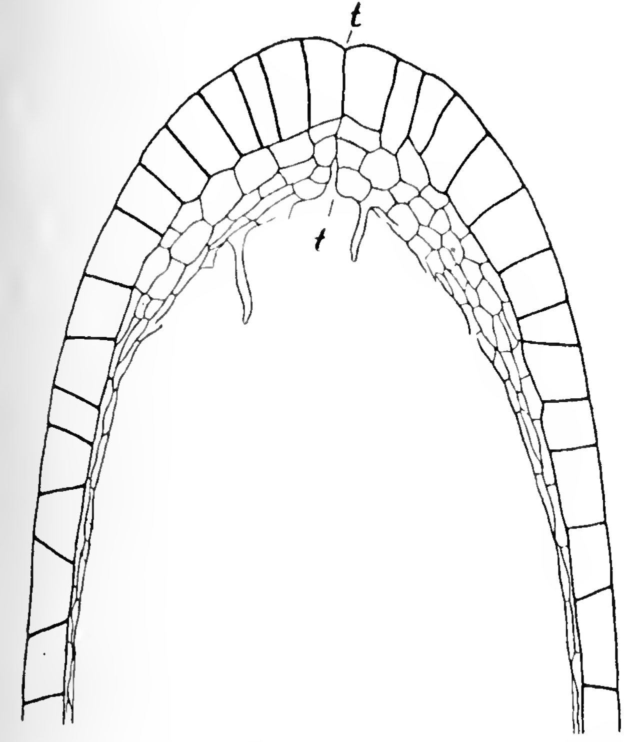


Fig. 16. Hymenophyton Phyllanthus. Längsschnitt durch den Scheiteltheil der reifen Kapsel. *t t* Trennungslinie. (120/1.)

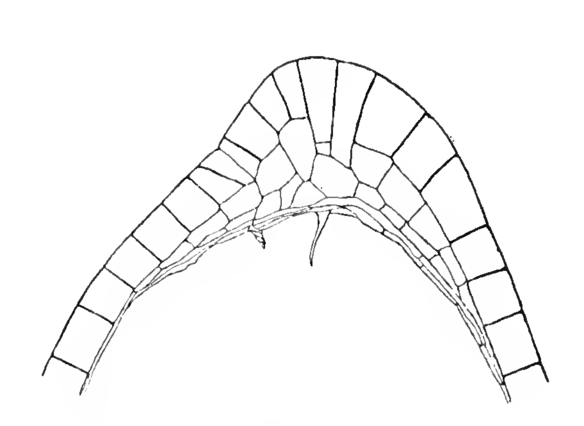


Fig. 17. Symphyogyna sp. Scheiteltheil der längsgeschnittenen reifen Kapsel. (120/1.)

Symphyogyna.

Die Wand des cylindrischen, etwa 3 mm langen Sporogons ist als einschichtig zu bezeichnen, indem von den inneren dünnwandigen Zelllagen, die ursprünglich den Sporenraum begrenzen, an der reifen Kapsel nur noch Spuren nachzuweisen sind. Die Wandverdickung der langen, sehr schmalen Zellen ist wie bei Hymenophyton Phyllanthus auf die Radialwände beschränkt und gleichmässig; die übrigen Wände sind nur leicht gebräunt, auf die Innenwand greift die Verdickung der radialen Wandflächen etwas über.

Die nabelartige Auftreibung der Kapselwand im Scheitel (Fig. 17), welche von Leitgeb[1]) mit der Deckelbildung der Laubmoose verglichen wird, wird in der Hauptsache gebildet von zwei bis drei Schichten weitlumiger Zellen mit mehr oder weniger gebräunten Wänden, die sich von der die eigentliche Kapselwand bildenden verdickten Schicht ableiten. Nach Innen sind diesen noch einige Schichten kleiner, dünnwandiger Zellen angelagert, von welchen eine geringe Anzahl der den Abschluss gegen das Sporogoninnere bildenden Lage zu kurzen, zugespitzten Schläuchen oder Zapfen ausgewachsen sind. Von derartigen Schläuchen finden sich in jedem Sporogon höchstens 5—6; ihre Wände sind dünn, leicht gebräunt und nur selten mit Spiralfasern versehen. Ein Festwachsen von Elateren an denselben findet nicht statt.

Diese inneren Schichten des Scheiteltheils bilden eine Fortsetzung der anfangs erwähnten, die eigentliche Kapselwand innen auskleidenden Zelllagen, die

1) Leitgeb. l. c. Heft III. pag. 79.

beim reifen Sporogon fast nur in der Nähe des Scheitels nachzuweisen sind. An den jüngsten Stadien einer nicht näher bestimmten australischen Art, bei denen das Sporogon noch von der Calyptra umhüllt, Sporen und Elateren schon völlig ausgebildet und gebräunt waren, liessen sich dieselben aber noch auf der ganzen Innenfläche der Wand verfolgen; ihre Zellen waren ganz inhaltsleer mit stark verdrückten und zum Theil aufgelösten Wänden. Jüngere Stadien derselben Art besass ich nicht, wohl aber von S. sinuata. An Querschnitten durch die jungen Sporogone derselben, in welchen eben die Tetradenbildung in den Sporenmutterzellen begonnen hatte, zeigte sich, dass die Wand bei Symphyogyna in der That ursprünglich dreischichtig ist. Ausser den grossen, verhältnissmässig dickwandigen Zellen der Aussenschicht fanden sich noch zwei innere Lagen von englumigen, dünnwandigen, sehr inhaltsreichen Zellen. Da nun für die reife Kapsel von S. sinuata ebenfalls eine einschichtige Wand angegeben wird, so schliesse ich aus den angeführten Thatsachen, dass die in den inneren Wandschichten enthaltenen Stoffe zur ausgiebigeren Ernährung des sporogenen Gewebes bestimmt sind, und dass diese Zellschichten dann, nachdem sie ihren Zweck erfüllt, im buchstäblichsten Sinne des Wortes an die Wand gedrückt werden.



Fig. 18. Symphyogyna sp. Wand des quergeschnittenen reifen Sporogons. *a* Aussen-, *i* Innenseite. (200/1.)

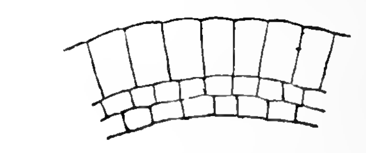


Fig. 19. Symphyogyna sinuata. Wand des quergeschnittenen jungen Sporogons. (200/1.)

Das Aufspringen der Kapsel erfolgt wie bei der vorhergehenden Art, doch scheinen öfters nur zwei Längsrisse gebildet zu werden, obschon immer vier deutlich ausgebildete, durch das Fehlen der Verdickung an den Radialwänden der Zellen gekennzeichnete Trennungslinien vorhanden sind.

Blyttia.

Die Kapselwand ist, wie schon von Leitgeb[1]) angegeben wird, zweischichtig, wenigstens trifft dies insofern zu, als an der schon geöffneten Kapsel ausser der auf den Radialwänden verdickten und gebräunten Zellen bestehenden Aussenschicht noch eine Innenschicht von dünnwandigen Zellen zu erkennen ist. Betrachtet man aber einen Querschnitt durch ein reifes, aber noch nicht aufgesprungenes Sporogon, so fällt sofort auf, dass diese Innenschicht gegen den Sporenraum nicht scharf abgegrenzt ist, sondern sich hier und da zwischen die Sporenmasse hineinzudrängen scheint; zuweilen sind auch einzelne Zellen derselben ganz flach gegen die Aussenschicht angedrückt. Stellenweise ist auch noch eine zweite Schicht ganz gleichartiger Zellen vorhanden, deren Spuren man mit einiger Aufmerksamkeit auch sonst verfolgen kann. An jüngeren Stadien des Sporogons, zur Zeit als etwa die Bildung der Sporentetraden in den Sporenmutterzellen stattfindet, sind deutlich zwei Lagen dünnwandiger Zellen zu erkennen, die noch ziemlich inhaltsreich sind. Die Bedeutung dieser Schichten ist wohl dieselbe wie bei Symphyogyna, mit dem

1) Leitgeb, l. c. Heft III pag. 85.

Unterschied, dass die der Aussenschicht anliegende nach Abgabe ihres Inhalts nicht zusammengedrückt wird, sondern ziemlich vollständig erhalten bleibt.

Das Aufspringen soll bei dieser Gattung regelmässig mit vier Klappen stattfinden. Bei Blyttia Lyellii spricht der ganze Bau der Kapsel mehr für ein Verhalten wie es bei Hymenophyton und Symphyogyna die Regel ist, womit auch Leitgeb's (l. c.) Angabe, dass die sich auf einer Anzahl L[illegible]isse öffnende Kapsel am Scheitel geschlossen bleibt, übereinstimmt. Von de[illegible]rhalten der übrigen Gattungen abweichend ist die häufig vorkommende Ausb[illegible]ig von mehr als vier (4—6) Trennungslinien, und das Auftreten einer entsprechenden Anzahl Längsrisse beim Aufspringen.

Blasia.

Die länglich-ellipsoïdische Kapsel ist ausgezeichnet durch den eigenartigen, durch einen Ringwulst vermittelten Ansatz an den Stiel (Fig. 20). Die Kapselwand ist mehrschichtig; die Aussenschicht besteht aus länglichen Zellen mit verdickten Radialwänden; die Zellen der 2—3 inneren Schichten sind flach, polygonal und ganz dünnwandig.

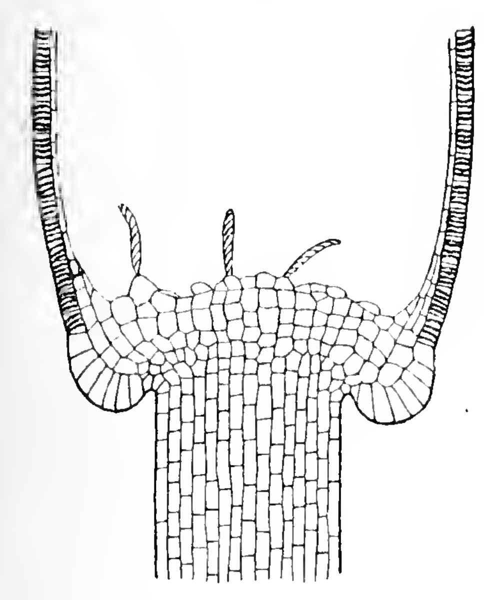


Fig. 20. Blasia pusilla. Längsschnitt durch den unteren Theil des Sporogons, um den Ansatz an den Stiel zu zeigen.

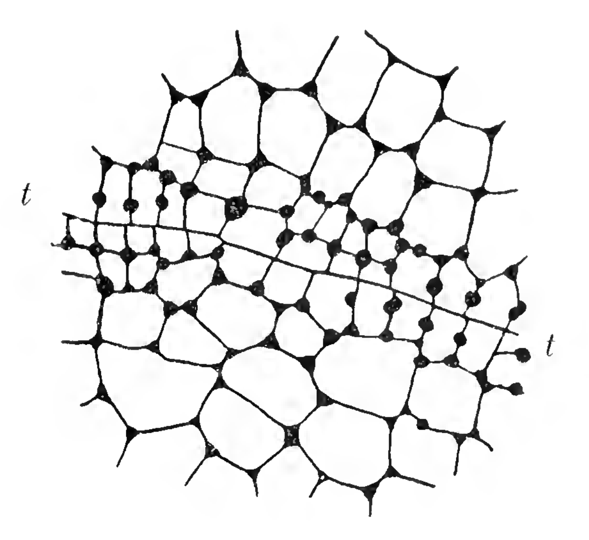


Fig. 21. Pellia epiphylla. Sporogonwand von Aussen gesehen. *t t* Trennungslinie zweier Klappen.

Bei der Aussenschicht sind die Verdickungen hellbraun und als im Querschnitt rundliche Leisten zu 4—6 auf den Radialwänden der Zelle angebracht. Auch auf den zwischen den Verdickungen liegenden Stücken der Wand ist die Membran meist verdickt, und während die Leisten im oberen Theil der Kapselwand einzeln stehen, sind sie im unteren durch die Verdickung der ganzen Radialwand verbunden und zum Theil verschmolzen. Auf die Innenwand greifen die Verdickungen zuweilen etwas über, aber nur wenig; die Aussenwand der Zelle ist ganz unverdickt. Bemerkenswert ist die stärkere Ausbildung der Verdickungen in den beiden Seiten der Trennungslinien liegenden Zellreihen, während sie auf den in der Trennungslinie selbst liegenden Radialwänden fehlen. Auch sonst findet man eine abwechselnd stärkere und schwächere Ausbildung der Verdickungen auf den Radialwänden der die Wand zusammensetzenden Zellreihen, wie sie sonst öfters bei den foliosen Jungermanniaceen vorkommt.

Die Zellen des Kapselbodens besitzen nur sehr schwach verdickte Wände, die des Ringwulstes sind ganz dünnwandig. Auf dem Kapselboden finden sich stets einige elaterenähnliche Schläuche mit gebräunter Wand und Spiralfasern.

Die Kapsel öffnet sich mit vier Klappen. An der geöffneten Kapsel sind die inneren, dünnwandigen Schichten ziemlich verschrumpft.

Pellia.

Die langgestielten, kugeligen Kapseln der Pellia-Arten zeichnen sich unter den übrigen Jungermanniaceen aus durch ihre zuerst von Jack[1][2]) beschriebenen Elaterenträger, die bei dieser Gattung auf dem Boden der Kapsel angebracht sind, während sie bei allen übrigen Gattungen, wo sie vorkommen, scheitelständig sind. Die Kapseln springen vierklappig auf, von den Klappen reichen aber nur zwei bis zum Scheitelpunkt der Kapsel, wo sich ihre Spitzen gegenseitig abstumpfen. Man könnte also hier unter Umständen von Klappen I. und II. Ordnung reden, indem man die nicht bis zum Scheitelmittelpunkt reichenden als Klappen II. Ordnung bezeichnet. Die geringe Grösse der die Trennungslinien begrenzenden Zellen gegenüber den übrigen Zellen der Kapselwand ist sehr auffallend (Fig. 21, 22), ebenso die Häufung der Verdickungsleisten, die hier bei beiden Arten nicht nur angulär, sondern zuweilen auch mitten auf den Radialwänden angebracht sind. Auf den in der Trennungslinie selbst liegenden Wänden fehlen die Verdickungen wie immer vollständig.

P. calycina. Die Zellen der Aussenschicht sind polygonal, die Verdickungsleisten angulär angebracht, d. h. in den senkrecht zu der Kapseloberfläche stehenden Kanten. Nur an den Trennungslinien stehen sie hin und wieder auch auf den Radialwänden der Zelle. Die innere Schicht der Sporogonwand besteht aus drei Lagen sehr dünnwandiger flacher Zellen, die nur selten eine ganz schwache Verdickung ihrer Radial- oder Innenwände zeigen. Der Elaterenträger besteht hier, im Gegensatz zu P. epiphylla, aus ganz elaterenähnlichen Zellen, welche mit dem Boden der Kapsel fest verwachsen sind. Derselbe wird von Jack (1. pag. 72 f.) folgendermassen beschrieben: „Bei P. calycina finden sich auf dem Grunde der Kapsel 50—100 mit demselben verwachsene Schleuderträger in Form von zarten, dünnen Schläuchen, bei denen übrigens die Schlauchhaut ohne Anwendung eines Färbemittels kaum zu sehen ist. Dieselben sind 0,6—0,8 mm lang, fast gleichförmig, kaum 0,005 mm dick und enthalten eine zweitheilige, ganz unregelmässig gewundene Spiralfaser".

Erwähnen möchte ich noch eine bei P. calycina häufige Erscheinung. Vielfach findet man auf der Innenseite der Klappen an beliebiger Stelle eigenthümliche, zuweilen verzweigte, schlauchartige Zellen, die ihrer ganzen Länge nach festgewachsen sind. Nach ihrer Gestalt könnte man sie für ein Mittelding zwischen einer Wandzelle und einer Elatere halten. Ihre Wände sind meist mit einer mehrtheiligen Spiralfaser, seltener mit ringförmigen Verdickungen versehen.

P. epiphylla. Auf die Möglichkeit, P. epiphylla und P. calycina, die sehr häufig verwechselt werden, durch den Bau der Kapselwand leicht auseinander zu halten, macht Jack (2. pag. 5) aufmerksam, nachdem, wie es scheint, Limpricht[3])

---

1) Jack, Botanische Zeitung 1877 pag. 71 ff.

2) Jack, Beiträge z. Kenntniss der Pellia-Arten. Flora 1895. Ergzbd. pag. 1 ff.

3) Kryptogamenflora von Schlesien. Herausgegeben von Prof. Dr. Ferdinand Cohn. Breslau 1877.

dieses Unterscheidungsmerkmal zuerst festgestellt hat. Jack sagt darüber: „es bieten auch die Kapselklappen noch ein treffliches Merkmal; die langgestreckten Zellen der inneren Schicht dieser Klappen (von P. epiphylla nämlich) enthalten zahlreiche Halbringfasern, welche man leicht sehen kann, und welche den Kapselklappen der P. calycina fehlen". Welche Verwirrung bis dahin in der Bestimmung dieser beiden Arten geherrscht hat, sowohl in den Beschreibungen als auch in den Sammlungen getrockneter Lebermoose, zeigt eine von Jack vorgenommene Controle (l. c. pag. 13). Die polygonalen Zellen der Aussenschicht tragen anguläre Verdickungen, ausserdem treten hin und wieder Verdickungsleisten mitten auf den senkrecht zur Kapselwand stehenden Wänden auf (Fig. 21, 22). Die mehr gestreckten, regellos gelagerten Zellen der Innenschicht sind auf der vorgewölbten Innenwand gebräunt und tragen auf derselben eine Anzahl (5—8) Halbringfasern, die ganz an die der akrogynen Jungermanniaceen erinnern. Zwischen diesen beiden Schichten schiebt sich häufig noch eine dritte ein, die in der Ausbildung ihrer Wandverdickungen ganz der Innenschicht gleicht; zuweilen jedoch finden sich auch einzelne Zellen in derselben, die nur auf den Radialwänden Verdickungen besitzen.

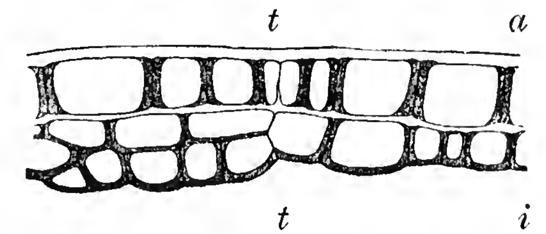


Fig. 22. Pellia epiphylla. Querschnitt durch die Kapselwand. *t t* Trennungslinie zweier Klappen. *a* Aussenseite, *i* Innenseite der Wand. (170/1.)

P. Neesiana verhält sich nach Jack's Angaben in Bezug auf den Bau der Kapselwand wie P. epiphylla.

Treubia insignis.

Das Sporogon dieser seltenen Art war bis vor Kurzem unbekannt; erst Goebel[1]) erwähnt dasselbe und gibt auch eine Abbildung, ohne indess näher auf den Bau der Kapselwand einzugehen.

Die Kapsel erinnert in ihrem Aussehen ganz an die von Pellia, nur dass sie etwas grösser ist; sie ist ziemlich lang gestielt, kugelig und misst über 2 mm im Durchmesser. Das mir vorliegende Exemplar war leider nicht mehr ganz intact, stellenweise war die Wand schon in Zersetzung begriffen und die Zellen der Aussenschicht waren mit zahlreichen Fäulnissbacterien erfüllt. Doch gelang es mir noch, Längs- und Querschnitte durch das Sporogon herzustellen, die Folgendes erkennen liessen.

Die Wand ist 3—4 schichtig; eine äussere Schicht aus grossen flachen Zellen, deren Wände keinerlei Verdickungen aufweisen, hebt sich scharf von den weit engeren, langgestreckten, mit zahlreichen hellbraunen Wandverdickungen ausgestatteten Zellen der inneren Schichten ab. Die Verdickungen sind Halbringfasern, welche ihre offene Seite stets nach Aussen kehren. In der an den Sporenraum grenzenden Schicht sind sie oft zu vollständigen Ringen ergänzt, die dann jedoch auf der nach Aussen gekehrten Zellwand etwas schwächer werden. Sie sind stets quer zur Längsachse der Zelle gelagert und finden sich in grosser Anzahl (oft bis 10) in einer Zelle; häufig treten statt der Halbringe und Ringe Spiralbänder auf, jedoch nie mehr als eines in einer Zelle. Die Innenwand der Zellen

1) Goebel, Organographie d. Pflanzen, II. Theil, Bryophyten pag. 266 Fig. 166.

in dieser Schicht ist leicht gebräunt. Die Zellen der Mittelschicht der Wand, die ganz ähnlich gebaut sind, besitzen statt der Halbringfasern bisweilen Verdickungsleisten nur auf den Radialwänden.

Die Kapselwand ist in ihrer oberen Hälfte dreischichtig und nimmt nach unten an Dicke zu, indem eine vierte, der Mittelschicht gleiche Schicht eingeschoben wird, und zugleich die einzelnen Zellen der Wand allmählich weitlumiger werden. Der Boden der Kapsel wird von etwa vier Lagen grosser, weitlumiger Zellen gebildet, die mit zahlreichen Faserringen ausgestattet sind und einen ziemlich unvermittelten Uebergang in den Stiel bilden.

Der Wand ansitzend fanden sich stellenweise kurze, dicke Schläuche mit spiralig verdickten Wandungen, die der Länge nach der Wand anlagen. Auch am Boden des Sporogons findet man einzelne derartige Zellen, welche in den Sporenraum hineinragen.

Trennungslinien aufzufinden gelang mir nicht; der ganze Bau der Kapselwand weist aber auf ein vierklappiges Aufspringen hin.

Fossombronia.

Die Wand des kugeligen, kurzgestielten Sporogons ist zweischichtig. Nach Leitgeb[1]) sind die Zellen der äusseren Schicht mässig verdickt. Bei F. Dumortieri, F. pusilla und F. caespitiformis fand ich die grossen, flachen, dünnwandigen Zellen der Aussenschicht ganz unverdickt. Die innere Schicht dagegen (die sich im Scheitel der Kapsel spaltet, so dass die Wand hier dreischichtig ist) ist mit zahlreichen und sehr starken Verdickungen versehen. Auch zeigen die Tangentialwände eine schwache, gleichmässige Verdickung und Bräunung. Die Verdickungen sind leistenförmig und auf den radialen Wänden der Zellen gleichmässig vertheilt. Meist greifen sie noch mit einem kleinen Ansatz auf die Innenwand der Zelle über und sind in seltenen Fällen zu Halbringfasern oder gar zu vollständigen Ringen ergänzt.

Ueber die Art des Aufspringens der Kapsel sind wir durch die Leitgeb'sche Schilderung (l. c.) hinlänglich unterrichtet. Es findet nämlich in der Regel ein Zerfallen der Wand in mehr oder weniger zusammenhängende Stücke oder Platten statt. „Die eine solche Platte zusammensetzenden Zellen gehören einer Generation an; die Platten entsprechen also den in einem mittleren Embryonalstadium die Wand zusammensetzenden Oberflächenzellen.“ Daneben kommt aber bisweilen ein Aufspringen mit vier Klappen vor, wie die vielen diesbezüglichen Angaben in den Beschreibungen, sowie namentlich die Beobachtungen Leitgeb's und Goebel's[2]) beweisen. Letzterer erwähnt ein solches Verhalten namentlich für F. pusilla. Ich selbst beobachtete in den meisten Fällen ein unregelmässiges Zerfallen der Wand, seltener einen Anlauf zur Klappenbildung, wobei stets die Klappen sehr unvollständig waren und am Scheitel und an den Rändern grosse Lücken aufwiesen.

---

1) Leitgeb, l. c. Heft III. pag. 116.

2) Goebel, Ueber Function und Anlegung der Lebermooselateren pag. 32. Flora 1895.

Monoclea.

Die eigenartige Gestaltung des Sporogons ist bekannt. Die Wand ist entgegen manchen neueren Angaben[1]) einschichtig, erreicht aber eine ganz ungewöhnliche Dicke, im Durchschnitt nämlich etwa $^1/_{10}$ mm. Die Wandzellen sind in der Richtung der Längsachse gestreckt, im Querschnitt schmal-rechteckig, und zwar entsprechen die langen Seiten des Rechtecks den Radial-, die kurzen den Tangentialwänden der Zelle (Taf. XII Fig. 4*A*). Die Radialwände tragen zahlreiche (8—12) Verdickungsfasern in einer Ausbildung, wie sie sonst nicht beobachtet wird und die keineswegs als Ringfasern zu bezeichnen sind.[1]) Die Fasern verlaufen nicht in einer Transversalebene der Zelle, sondern sind stets etwas zu derselben geneigt und verlaufen als mehr oder weniger parallele, schmale, bogenförmige oder schwach geschlängelte Bänder auf den Radialwänden. In benachbarten Zellen sind diese Faserzüge zur Transversalebene im entgegengesetzten Sinne geneigt, und dadurch entsteht auf der gemeinsamen Radialwand zweier Zellen eine mehr oder minder regelmässige netzartige Zeichnung (Taf. XII Fig. 4*B*). Auf den ziemlich stark verdickten Innenwänden der Zellen verlieren sich die Fasern; auf die Aussenwände greifen sie mit kurzen Fortsätzen über.

Das Aufspringen bei Monoclea findet bekanntlich auf einem Längsriss an der Oberseite der horizontal gestellten Kapsel statt. Ueber die Ausbildung der Trennungslinie liess sich nichts Sicheres feststellen, da das einzige Sporogon, das verwendet werden konnte, nicht mehr intact war. Leitgeb[2]) vermutet, dass auch hier ursprünglich vier Trennungslinien angelegt werden.

Haplomitrium Hookeri.

Eine eingehende Schilderung des Baues der Haplomitrium - Kapsel gibt Gottsche[3]).

Auffällig ist bei dieser Gattung vor Allem die abweichende Stellung der Ringfasern. Bei sämmtlichen Lebermoosen, deren Kapselwände Zellen mit Ringfasern oder Halbringfasern aufweisen, sind stets mehrere (mindestens 2—3, oft auch bis 10 und mehr) in jeder Zelle vorhanden und quer zur Längsachse der Zelle orientirt. Nur Haplomitrium und eine weitere, gleich zu besprechende Gattung machen hiervon eine Ausnahme. Bei Haplomitrium trägt jede Zelle der einschichtigen Wand nur einen einzigen, längsgestellten, in der Medianebene der Zelle verlaufenden Ring.

Nach Gottsche springt das Sporogon vierklappig auf, was auch mit den Angaben der meisten übrigen Autoren übereinstimmt. Spruce[4]) gibt dagegen an: „In the European Scalia Hookeri the capsule is sometimes cloven on one side only, rarely are all the valves completely separated but mostly cohering at the apex, even when free elsewhere."

---

1) Schiffner (Hepaticae in Engler und Prantl's natürlichen Pflanzenfamilien) gibt für Monoclea unrichtig an: „Kapselwand zweischichtig, Innenzellen mit sehr deutlichen Ringfasern".

2) Leitgeb, l. c. Heft III pag. 78.

3) Gottsche, Anatomisch-physiologische Untersuchungen über Haplomitrium Hookeri. Nova acta acad. Leopold.-Carolinae 1844, pag. 265 ff.

4) Spruce, Hepaticae andinae I pag. 359.

Wie schon von G o t t s c h e[1]) festgestellt wurde, fehlt ein eigentlicher Elaterenträger; die Elateren sitzen direct den Spitzen der Klappen an. Doch finden sich zwischen denselben, ebenfalls der Wand angewachsen, eine Anzahl mehr oder weniger elaterenähnliche, aber viel kürzere und dickere Zellen, die man wohl als rudimentären Elaterenträger auffassen kann.

Calobryum Blumei.

Bisher scheint der Wandbau der Calobryum-Kapsel nicht genauer untersucht worden zu sein; in der Litteratur, soweit mir dieselbe bekannt geworden, fand ich gar keine diesbezüglichen Angaben. G o e b e l[2]) erwähnt bei der Beschreibung dieser Art, dass es ihm an dem nöthigen Material zur Untersuchung der Kapsel gefehlt.

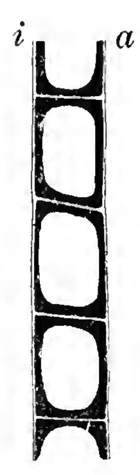


Fig. 23. Calobryum Blumei. Wand des reifen Sporogons im Längsschnitt. *a* Aussenseite, *i* Innenseite der Wand. (170/1.)



Fig. 24. Calobryum Blumei. Wand des reifen Sporogons im Querschnitt. *a* Aussenseite, *i* Innenseite der Wand. (170/1.)

Die Wand der grossen, cylindrischen, bis 5 mm langen Kapsel von Calobryum ist einschichtig. Die Wandzellen sind fast cubisch, nur wenig in der Richtung der Längsachse der Zelle gestreckt. Ihre Wände sind ganz leicht gebräunt. Jede Zelle trägt einen hellbraunen, längsorientirten, genau in der Mediane in gleicher Dicke auf den Tangentialwänden, der oberen und unteren Querwand verlaufenden Verdickungsring (Fig. 23, 24). Diese Ringe sind im Verhältniss zu den ziemlich grosslumigen Wandzellen nicht stark und weisen in allen Theilen der Kapselwand eine gleiche Ausbildung auf. Es kommt hier nie zu einer Verbreiterung der Ringe nach dem Zellinnern wie bei Haplomitrium, wo die Zellen im untern Theil der Wand dadurch fast in zwei Häften getheilt werden, die nur noch durch eine runde Oeffnung communiciren. Der Scheitel der Kapsel ist mehrschichtig, ebenso der Boden, der aus 2—3 Lagen von Zellen besteht, die ebenfalls mit je einer längsgestellten Ringfaser versehen sind.

Von einem Anhaften von Elateren im Scheitel ist im Gegensatz zu Haplomitrium keine Spur zu bemerken.

---

1) G o t t s c h e, l. c. pag. 359.

2) G o e b e l, Calobryum Blumei. Annales du jardin botanique de Buitenzorg. Vol. IX pag. 11 ff.

Die untersuchten Sporogone waren nicht so reif, wie es nöthig ist, wenn man das Aufspringen an Alkoholmaterial verfolgen will. Nach Nees von Esenbeck[1]) erfolgt das Aufspringen mittels eines Längsrisses, wie bei Monoclea.

In der Art ihrer Wandverdickungen zeigt Calobryum eine auffallende Uebereinstimmung mit Haplomitrium, das bis jetzt in dieser Beziehung allein stand, ein Verhalten, das für Goebel's Ansichten über die Verwandtschaft der beiden Genera eine weitere Bestätigung bildet.

III. Akrogyne Jungermanniaceen.

Bei der grossen Zahl der hierher gehörigen Gattungen können die vorliegenden Angaben auf Vollständigkeit keinen Anspruch machen. Auch wurde die Anzahl der zu untersuchenden Gattungen schon deshalb eingeschränkt, weil die Verhältnisse hier wenig Neues zu bieten schienen. Berücksichtigt wurden namentlich die folgenden Arten:

Jungermannia bicuspidata L.
„ hyalina Lydl.
„ trichophylla L.
Alicularia scalaris Corda
Gottschea spec.
Plagiochila asplenioides M. et. N.
Scapania nemorosa N. a. E.
Liochlaena lanceolata N. a. E.
Lophocolea heterophylla N. a. E.
Chiloscyphus polyanthus Corda
Sarcogyne viticulosa Dum.
Geocalyx graveolens N. a. E.
Mastigobryum trilobatum N. a. E.
Ptilidium ciliare N. a. E.
Trichocolea tomentella N. a. E.
„ Pluma N. a. E.
Zoopsis argentea Hk.
Calypogeia Trichomanis Corda
Lepidozia reptans N. a. E.
Physiotium spec.

In scharfem Gegensatz zu der Variabilität in der Ausgestaltung des Sporogons und seiner Wandung bei den anakrogynen Jungermanniaceen steht die auffallende Einförmigkeit, welche die Sporogone der akrogynen Jungermanniaceen in dieser Beziehung zeigen. Hier liessen sich dieselben bei den untersuchten Gattungen alle auf denselben

---

1) Nees v. Esenbeck. Enumeratio plantarum cryptogamicarum Javae et ins. adjacent. Fasc. I Hepaticae pag. 2.

Typus zurückführen; die vorkommenden Unterschiede sind secundärer Natur und beziehen sich meist auf die Zahl der Schichten, aus denen die Wand aufgebaut ist, und auf die Ausbildung der Verdickungen in der an den Sporenraum grenzenden Schicht.[1])

Die Wand des Sporogons ist stets mehrschichtig und springt auf vorgebildeten Trennungslinien, die nach Leitgeb[2]) in ihrer Lage den ersten Quadrantenwänden des Embryo entsprechen, mit vier gleichen, glattrandigen Klappen auf. Die Trennungslinien sind ziemlich auffällig ausgebildet und zwar besonders in der Aussenschicht der Wand (Fig. 25).

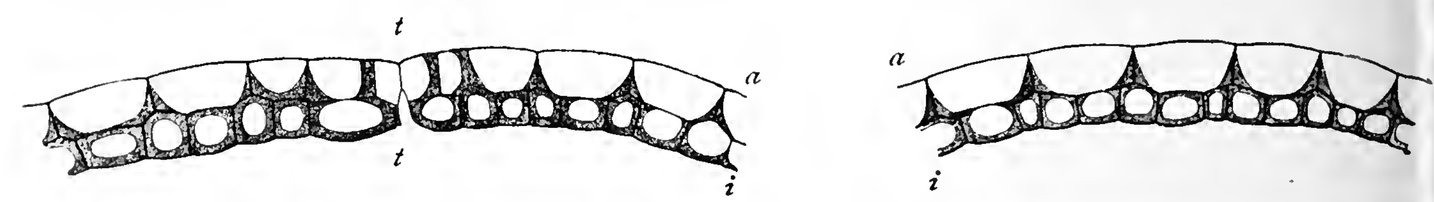


Fig. 25. Gottschea sp. Querschnitte durch die Wand der reifen Kapsel. *a* Aussenseite, *i* Innenseite, *t t* Trennungslinie zweier Klappen.

In den meisten Fällen wird die Trennungslinie hier auf beiden Seiten von einer oder auch zwei Reihen von Zellen eingefasst, die sich durch ihre geringe Grösse von den sonst ziemlich weiten Zellen derselben abheben. Die in der Trennungslinie selbst liegenden Radialwände zeichnen sich durch ihre grössere Aufnahmefähigkeit gegen Farbstoffe und das Fehlen jeder Art von Verdickungen aus, während die benachbarten Radialwände eine besonders starke Entwickelung derselben aufweisen. Da nun bei der geringeren Breite der die Trennungslinie begrenzenden Zellen die Radialwände hier näher an einander gerückt sind, so ergibt sich eine starke Anhäufung der mechanischen Elemente zu beiden Seiten der Trennungslinie. Selbst in Fällen, wo Verdickungsleisten in der Aussenschicht sonst fehlen, finden wir sie stets in den die Trennungslinie einfassenden Zellen. Auf der Innenfläche der Kapselwand ist die Trennungslinie nicht so auffällig. Man erkennt sie hier an dem Verlauf der betreffenden Radialwände, die an dieser Stelle die directe Fortsetzung der Radialwand der nächsten Schicht bildet und so eine fortlaufende Linie durch die ganze Wand des Sporogons darstellen, abgesehen davon, dass die Wände auch hier leicht Farbstoffe aufnehmen.

Die Wandzellen sind meist länglich und in regelmässigen Längsreihen angeordnet, eine Orientirung, die natürlich in den Klappen-

1) Nur bei den Jubuleae ist das Sporogon nach einem etwas abweichenden Typus gebaut; für Frullania, Lejeunia und Phragmicoma sind die Verhältnisse von Jack eingehend beschrieben. (Bot. Ztg. 1877. Hepaticae europaeae auctore B. C. Du Mortier.)

2) Leitgeb, Untersuchungen über die Lebermoose, Heft II pag. 59.

spitzen verloren geht, wo ihre Anordnung unregelmässig wird. Die Aussenschicht besteht meist aus breiteren, ziemlich flachen Zellen, während die der Innenschicht gewöhnlich schmal und mehr in die Länge gezogen sind. Bei den vielschichtigen Sporogonwandungen sind die Zellen der mittleren Schichten oft ausserordentlich englumig (Fig. 28). Am Scheitel spaltet sich zuweilen bei den zweischichtigen Formen die innere Schicht, so dass die Wand an dieser Stelle dreischichtig wird. Allgemein nimmt die Zahl der Schichten mit der Annäherung an den Kapselstiel um ein oder zwei zu. Aus diesen Gründen muss die Zählung der Schichten stets etwa in halber Kapselhöhe vorgenommen werden, da man sonst bei ein und derselben Art zu abweichenden Resultaten kommt.

Die Zahl der Schichten, aus denen die Wand bestehen kann, wechselt zwischen zwei und acht. Nach den Ergebnissen einer Anzahl Messungen hängt die Wanddicke in keiner Weise von der Zahl der Schichten ab, aus denen sie besteht. Man braucht bloss die folgenden Beispiele zu vergleichen.

Jungermannia,	Wand	2 schichtig,	Dicke der Wand	25 μ
Chiloscyphus,	„	5 schichtig	„ „ „	25 μ
Mastigobryum,	„	4 schichtig	„ „ „	35 μ
Plagiochila,	„	7—8 schichtig	„ „ „	55 μ
Physiotium,	„	7—8 schichtig	„ „ „	130 μ

Bei letztgenannter Gattung ist die Dicke der Wand auffallend gross und wird von keiner andern erreicht. Selbst Monoclea bleibt mit 100 μ beträchtlich gegen Physiotium zurück.

Eine zweischichtige Wand besitzen:

Jungermannia bicuspidata, J. hyalina, J. trichophylla, Alicularia scalaris, Liochlaena sp., Calypogeia Trichomanis, Gottschea sp., Zoopsis argentea;

eine vierschichtige:

Mastigobryum trilobatum, Lepidozia reptans, Ptilidium ciliare;

eine fünfschichtige:

Chiloscyphus polyanthus, Scapania nemorosa, Sarcogyne viticulosa, Geocalyx graveolens, Lophocolea heterophylla (letztere 5—6 schichtig);

eine 7—8 schichtige:

Trichocolea tomentella, T. Pluma, Physiotium giganteum, Plagiochila asplenioides.

Die charakteristischen Wandverdickungen finden sich in allen Schichten der Kapselwandung. In der Aussenschicht sind es meist einfache, auf den Radialwänden angebrachte Querleisten, in der den

Sporenraum begrenzenden Schicht quergelagerte Halbringfasern, deren offene Seite stets nach Aussen gekehrt ist. Vielfach zeigen die Zellen ausserdem noch eine schwache, gleichmässige Verdickung ihrer Innen- und Radialwände.

In der Aussenschicht sind die Verdickungsleisten nicht ganz streng auf die Radialwände beschränkt, sondern treten zuweilen auch auf den oberen und unteren Querwänden der Zelle auf. In der Besetzung der Radialwände zeigen sich mancherlei Verschiedenheiten, namentlich macht sich in dieser Beziehung öfters ein gewisser Wechsel bemerkbar, so dass die Verdickungen auf jeder zweiten Wand stärker entwickelt sind und auf den dazwischenliegenden schwächer, oder sie fehlen hier ganz. In manchen Fällen ist dieser Wechsel in der Ausbildung der Verdickungen nicht ganz regelmässig (Jungermannia trichophylla, Sarcogyne viticulosa, Mastigobryum trilobatum, Lophocolea heterophylla). Bei einer zweiten Gruppe fehlen die Verdickungen auf jeder zweiten Radialwand ganz oder fast ganz: Zoopsis argentea, Calypogeia Trichomanis, Scapania nemorosa, Ptilidium ciliare (Fig. 27). Bei Chiloscyphus polyanthus sind die Verdickungsleisten auf jeder zweiten Wand stärker entwickelt, ohne dass sie auf den dazwischenliegenden ganz fehlen. Eigenthümlich ist ihre Orientirung bei Physiotium, wo auch die Querwände ziemlich reichlich mit Verdickungsleisten ausgestattet sind.

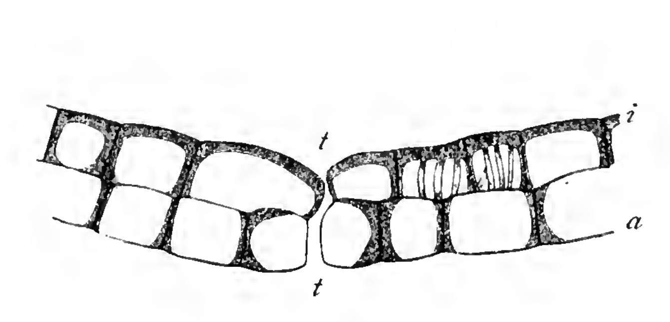


Fig. 26. Jungermannia bicuspidata. Wand der quergeschnittenen reifen Kapsel. *a* Aussenseite, *i* Innenseite der Wand, *t t* Trennungslinie, auf der die Klappen schon aus einander gerissen sind.

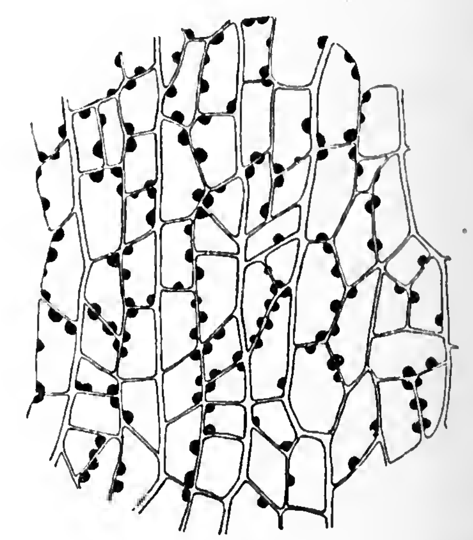


Fig. 27. Ptilidium ciliare. Flächenansicht der Kapsel von Aussen. (170/1.)

Hier findet sich ein Wechsel zwischen dicken Wänden ohne Leisten und dünnen Wänden, die reichlich mit Leisten besetzt sind, nicht nur auf den Radialwänden sondern auch auf den Querwänden. Es entstehen dadurch Gruppen von vier Zellen, die den Eindruck erwecken, als gehörten sie einer Generation an; diese Gruppen sind von dicken Wänden ohne Leisten begrenzt, während die sehr dünnen Wände, durch welche die Weitertheilung in der ursprüng-

lichen dickwandigen Zelle stattfand, mit sehr starken Verdickungsleisten versehen sind. Bei Trichocolea fehlen die Verdickungsleisten in der grosszelligen Aussenschicht bis auf die der Trennungslinie benachbarten Radialwände. Bei den vielschichtigen Wandungen mancher Formen sind die (oft auffallend kleinen) Zellen der mittleren Schichten mit Verdickungsleisten auf den Radialwänden versehen. Da diese aber stets mehr oder weniger auf die Innen- und Aussenwände der Zellen übergreifen, so entstehen auf diese Weise zuweilen Halbringe oder auch Ringe.

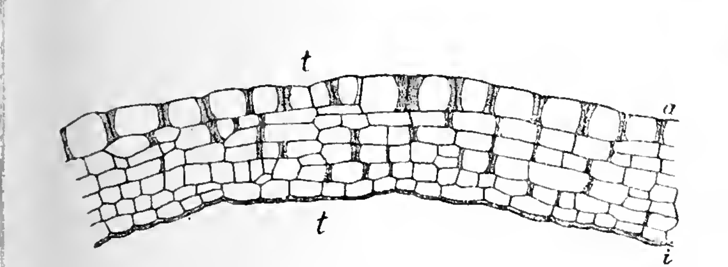


Fig. 28. Plagiochila asplenioides. Wand des quergeschnittenen reifen Sporogons. *a* Aussen-, *i* Innenseite der Wand. *t t* Trennungslinie. (180/1.)

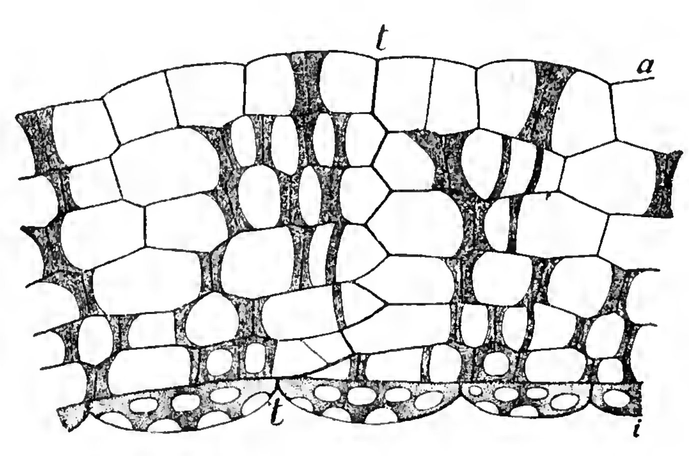


Fig. 29. Physiotium spec. Wand der quergeschnittenen reifen Kapsel. *a* Aussenseite, *i* Innenseite der Wand. *t t* Trennungslinie. (180/1.)

Die Halbringfasern der an das Sporogoninnere grenzenden Schicht sind stets quergelagert in den langgestreckten Zellen. Ihre Zahl beträgt etwa 4—12 in jeder Zelle. Zuweilen sind sie auf der Innenwand der Zelle mehr oder weniger deutlich unterbrochen und stellen dann in den extremen Fällen wieder Leisten auf den Radialwänden dar. Derartige unvollkommene Halbringfasern finden sich bei Jungermannia hyalina, Scapania nemorosa, Lepidozia reptans, Lophocolea heterophylla. Mit vollkommenen Halbringfasern sind versehen: Jungermannia trichophylla, J. biscuspidata, Geocalyx graveolens, Sarcogyne viticulosa, Alicularia scalaris, Ptilidium ciliare, Zoopsis argentea, Mastigobryum trilobatum, Calypogeia Trichomanis. Durch ihre grosse Breite zeichnen sich die Halbringe von Plagiochila asplenioides und Trichocolea tomentella aus. Gottschea hat sowohl vollständige als auch unterbrochene Halbringfasern. Verzweigungen der Ringe sind nicht selten; hin und wieder findet man eine Spirale statt der Halbringfasern. Eine besondere Art der Wandverdickung findet sich in den Zellen der Innenschicht bei Physiotium. Die Ringe sind hier so breit und theilweise mit einander verschmolzen, dass sie nur noch runde, kleine, fensterartige Löcher zwischen sich freilassen.

Mechanik des Oeffnungsvorganges.

Was nun die Deutung der für das Lebermoossporogon so überaus charakteristischen Wandverdickungen seiner Zellen betrifft, so kann es keinem Zweifel unterliegen und ist auch wiederholt schon ausgesprochen worden, dass ihre Aufgabe eine mechanische ist und dass sie im engsten Zusammenhang stehen mit den Bewegungen, welche die Wand des Sporogons beim Aufspringen resp. Aufreissen ausführt. Nur bezüglich der Kräfte, welche das Aufspringen bewirken und der Einwirkung derselben auf die verdickten resp. unverdickten Theile der Wand gehen die Ansichten auseinander.

Leclerc du Sablon[1]), der auf die schon mehrfach hervorgehobene Analogie in Bezug auf Ausstattung mit Verdickungsfasern und Aufspringen zwischen dem Sporogon der Lebermoose und der Anthere hinweist (eine Analogie, die übrigens nur für einzelne Typen des Lebermoossporogons gelten kann), beschreibt den Wandbau und das Aufspringen des Sporogons bei einer Anzahl Jungermanniaceen. Seine Erklärung des Vorganges läuft darauf hinaus, dass durch die stärkere Schrumpfung der unverdickten Aussenwände gegenüber den verdickten Innen- und Radialwänden der Wandzellen eine Verkleinerung der Aussenseite des Sporogons hervorgerufen werde, die dann das Zurückschlagen der Klappen bedingt.

Steinbrinck[1]) untersuchte die Verhältnisse bei Pellia epiphylla und Frullania dilatata. Er nimmt im Gegensatz zu Leclerc nicht die Schrumpfungsdifferenz zwischen verdickten und unverdickten Theilen der Zellwand in Anspruch sondern eine gewisse Anisotropie der Zellmembranen, wonach diese in verschiedenen Richtungen beim Austrocknen verschieden schrumpfen sollen.

Von den Typen der Bewegungsmechanismen, welche Kamerling[2]) bei den Elateren der Lebermoose aufstellt, können zur Erklärung der Bewegungen der Sporogonwand beim Aufspringen, soweit meine Untersuchungen reichen, nur zwei herangezogen werden: die Cohäsionsmechanismen oder die Schrumpfungsmechanismen. Die Leclerc'sche Auffassung, dass durch die stärkere Schrumpfung der unverdickten Zellwände die verdickten zusammengezogen und gebogen

---

1) Leclerc du Sablon, Développement du Sporogone des Hépatiques. Annales des sciences naturelles 1885, pag. 183 ff.

1) Steinbrinck, Grundzüge der Oeffnungsmechanik von Blüthenstaub und einigen Sporenbehältern. Botanish Jaarboek, Gent 1895, pag. 334 ff.

2) Kamerling, Der Bewegungsmechanismus der Lebermooselateren, Flora 1898 pag. 158.

werden sollen, fand ich nirgends bestätigt. Falls diese Rolle den unverdickten Aussenwänden der Zellen zukommt, müssten ja dieselben bei geschrumpften Klappen straff gespannt erscheinen, in Wirklichkeit sind sie aber stets verbogen und eingefallen, wovon man sich auf einem beliebigen Querschnitt leicht überzeugen kann. Diese Erklärung ist daher als unzutreffend von vornherein auszuschliessen.

Am ungezwungensten scheint mir die Bewegung sich erklären zu lassen, wenn man die Cohäsion des schwindenden Füllwassers in Betracht zieht. Betrachten wir von diesem Standpunkte das Aufspringen im Zusammenhang mit der Anordnung der vorhin beschriebenen Wandverdickungen bei einigen der hauptsächlichsten Typen des Lebermoossporogons.

1. Jungermannia-Typus.

Die Verdickungsleisten der Aussenschicht sind als die mechanische Verlängerung [1]) der beiden Schenkel der Halbringfasern der Innenschicht aufzufassen. Tritt ein Schwinden des Füllwassers beim Austrocknen ein, so werden die unverdickten Aussenwände nach Innen gesogen und durch den Zug, den sie ausüben, muss eine Verbiegung der Innenwände stattfinden. Da nun durch die zur Längsachse der Zelle horizontale Lagerung der Halbringfasern in dieser Richtung eine Aussteifung erreicht ist, so wird sich einer Verbiegung der Zelle in verticaler Richtung und zwar nach Aussen der geringste Widerstand entgegensetzen. Durch diese Biegung der einzelnen Zellen ist eine ausgiebige Verkürzung der Aussenseite der Klappen in der Längsrichtung bedingt, die Klappe muss sich also nach Aussen umschlagen.

Hier gehören von den untersuchten Formen die Jungermannia-arten, Alicularia, Liochlaena, Calypogeia, Gottschea, Zoopsis. Auch die meisten anakrogynen Jungermanniaceen mit vielschichtiger Kapselwand gehören hierher.

2. Fegatella-Typus.

Infolge der regellosen Lagerung der Verdickungsringe in den Zellen des Deckelstücks wird die Verkürzung des ganzen Zellcomplexes nach allen Richtungen sich annähernd gleich bleiben. Da hier nun keine ausgebildeten Trennungslinien vorhanden sind, auf denen das Losreissen

1) Vergl. Steinbrinck, l. c. pag. 336.

desselben vor sich gehen kann, so muss dieses an dem mechanisch schwächsten Theil der Kapselwand stattfinden. Dies ist ungefähr an der Grenze des Deckelstücks, da wo der Ansatz an den einschichtigen Theil der Kapselwand stattfindet, wo schon durch den Wechsel in der Orientirung der Ringfasern ein Angriffspunkt gegeben ist. In den grossen Zellen des einschichtigen Theils der Wand werden die zwischen zwei Ringen gelegenen Theile der unverdickten Aussenwand beim Schwinden des Füllwassers nach Innen gezogen, und es erfolgt aus denselben Gründen wie bei dem zuerst erwähnten Typus eine Verkürzung der Aussenfläche der Kapselwand, wodurch dieselbe gezwungen wird, sich nach Aussen einzurollen. Hierher sind zu rechnen Fegatella und Dumortiera, sowie auch die übrigen mit Ringfasern versehenen Marchantieen, die nur insofern etwas abweichen, als hier der Zusammenhang zwischen den einzelnen Zellen des schwächer entwickelten Deckelstücks ein sehr lockerer ist und deshalb dasselbe nicht als Ganzes abgehoben wird, sondern in mehrere Stücke zerfällt.

3. Symphyogyna-Typus.

Das Sporogon der hierher zu stellenden Gattungen springt nicht mit vier Klappen auf, sondern auf vier Längsrissen, indem die Spitzen der Klappen im Scheitel zusammenhaften bleiben. Die langen Zellen der Aussenschicht, die für die Mechanik des Aufspringens allein in Betracht kommt, haben gleichmässig verdickte Radialwände, jede quergelagerte Verdickung fehlt. Die Innen- und Aussenwände sind unverdickt und werden mit der Abnahme des Füllwassers nach Innen eingestülpt werden und auf die Radialwände einen Zug ausüben müssen. Da die Zelle in verticaler Richtung durch die Verdickungen ihrer Radialwände ausgesteift ist, in horizontaler Richtung dagegen gar nicht, so wirkt der Zug in dieser Richtung, und die Radialwände der Zelle werden einander genähert. Auf diese Weise kommt eine Schrumpfung der ganzen Sporogonwand in tangentialer Richtung zu Stande, die das Aufreissen der vorgebildeten Spalten bewirkt.

Symphyogyna, Blyttia, Hymenophyton zum Theil.

4. Operculaten-Typus.

Die Operculaten sind ausgezeichnet durch die angulären Verdickungsleisten resp. durch verstärkte Radialwände ihrer polygonalen Zellen im oberen Drittel der Kapselwand. Innen- und Aussenwände sind ganz unverdickt, werden daher beim Schwinden des Füllwassers nach Innen eingestülpt und bewirken so eine Annäherung

der Radialwände an einander. Die dadurch hervorgerufene Schrumpfung des oberen Drittels der Kapselwand bewirkt entweder dessen Lostrennung auf einer vorgebildeten Naht (Duvalia und Grimaldia) oder den Zerfall in eine grössere Anzahl von Stücken in den Fällen, wo die Wand ein Netzwerk von sich kreuzenden Trennungslinien aufweist, welche je eine grössere Gruppe von Zellen umfassen [1]) (Plagiochasma und Reboulia).

Die vorliegende Arbeit entstand auf Veranlassung und unter Leitung des Herrn Prof. Dr. K. Goebel im hiesigen pflanzenphysiologischen Institut. Ich benutze gern diese Gelegenheit, Herrn Prof. Goebel für die mannigfache Unterstützung und Anregung, die mir derselbe zu Theil werden liess, sowie ganz besonders für die gütige Ueberlassung von werthvollem Material und Präparaten, meinen besten Dank auszusprechen.

Ferner möchte ich auch an dieser Stelle Herrn Assistent Dunzinger danken für die freundliche Unterstützung bei der Anfertigung der Zeichnungen, insbesondere für die Herstellung der Figuren zu Tafel XII.

München, im Januar 1899.

---

1) Mit diesen Ausführungen möchte ich die Möglichkeit, dass beim Oeffnungsvorgang in anderen Fällen auch Schrumpfungsmechanismen vorkommen können, wie sie Steinbrinck beschreibt, nicht in Abrede stellen. Jedenfalls ist sehr oft eine ausgesprochene Anisotropie der Membranen vorhanden, wie ich mich durch eine Anzahl von Untersuchungen im polarisirten Licht überzeugen konnte.

Tafelerklärung.

Tafel XII.

Fig. 1. Lunularia vulgaris. Aufgesprungenes Sporogon. Deckelchen einer Klappenspitze ansitzend (100/1).

Fig. 2. Lunularia vulgaris. Das Deckelchen stärker vergrössert. (230|1).

Fig. 3. Dumortiera irrigua. Kapsel beim Beginn des Oeffnungsvorganges von oben gesehen. Der Deckel wird eben abgehoben. (Schwach vergrössert.)

Fig. 4. Monoclea Forsteri. *A* Wand der quergeschnittenen reifen Kapsel. *i* Innen-, *a* Aussenseite der Wand. *B* Wandzelle durch Behandlung mit H_2SO_4 isolirt, um die Verdickungsleisten der Radialwände zu zeigen (140/1).

Ueber Kern- und Zelltheilung bei Solanum tuberosum.

Von

Dr. Bohumil Němec in Prag.

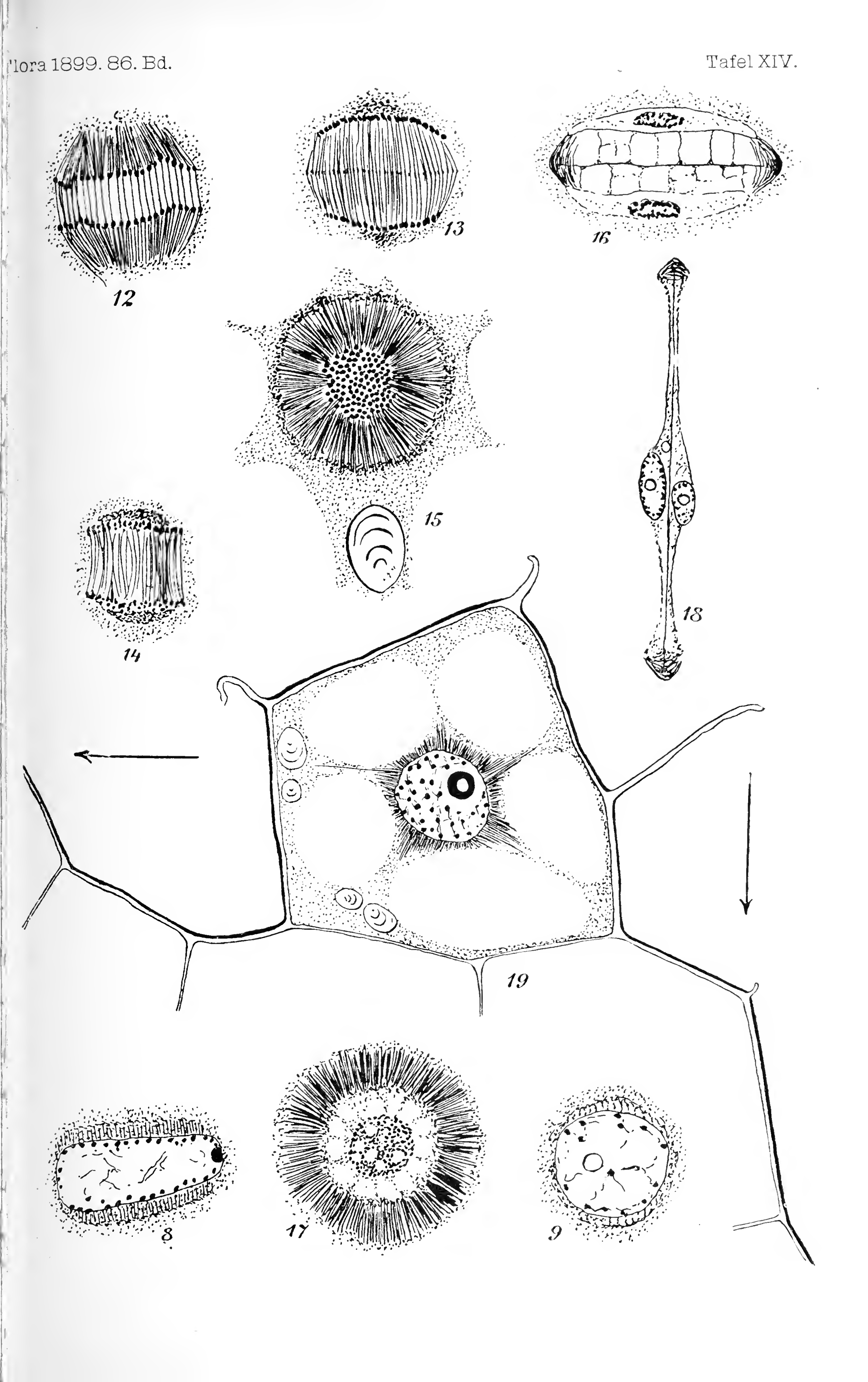
Mit Tafel XIII und XIV und 9 Textfiguren.

Eine Untersuchung über Kern- und Zelltheilungen in verschiedenen Organen und Zellencomplexen oder Generationen einer und derselben Pflanzenspecies würde gewiss manches Interessante zu Tage bringen und zu mancherlei theoretischen Erwägungen Anlass geben. Ich wurde indirect dazu gebracht, die Kerntheilungen bei *Solanum tuberosum* zu untersuchen und zwar sowohl in der Stamm- und Wurzelspitze, als auch in den Knollen während der Bildung des Wundperiderms. Die Unterschiede in der Ausbildung der achromatischen Theilungsfigur, die man hier trifft, sind von grossem Interesse, da sie eclatant zeigen, dass auch im vegetativen Gewebe einer und derselben Pflanze die Ausbildung der achromatischen Figur grundverschieden sein kann, sowie auch, dass auch äussere Umstände in Betracht gezogen werden müssen, um die Ursachen der Verschiedenheiten erklären zu können.

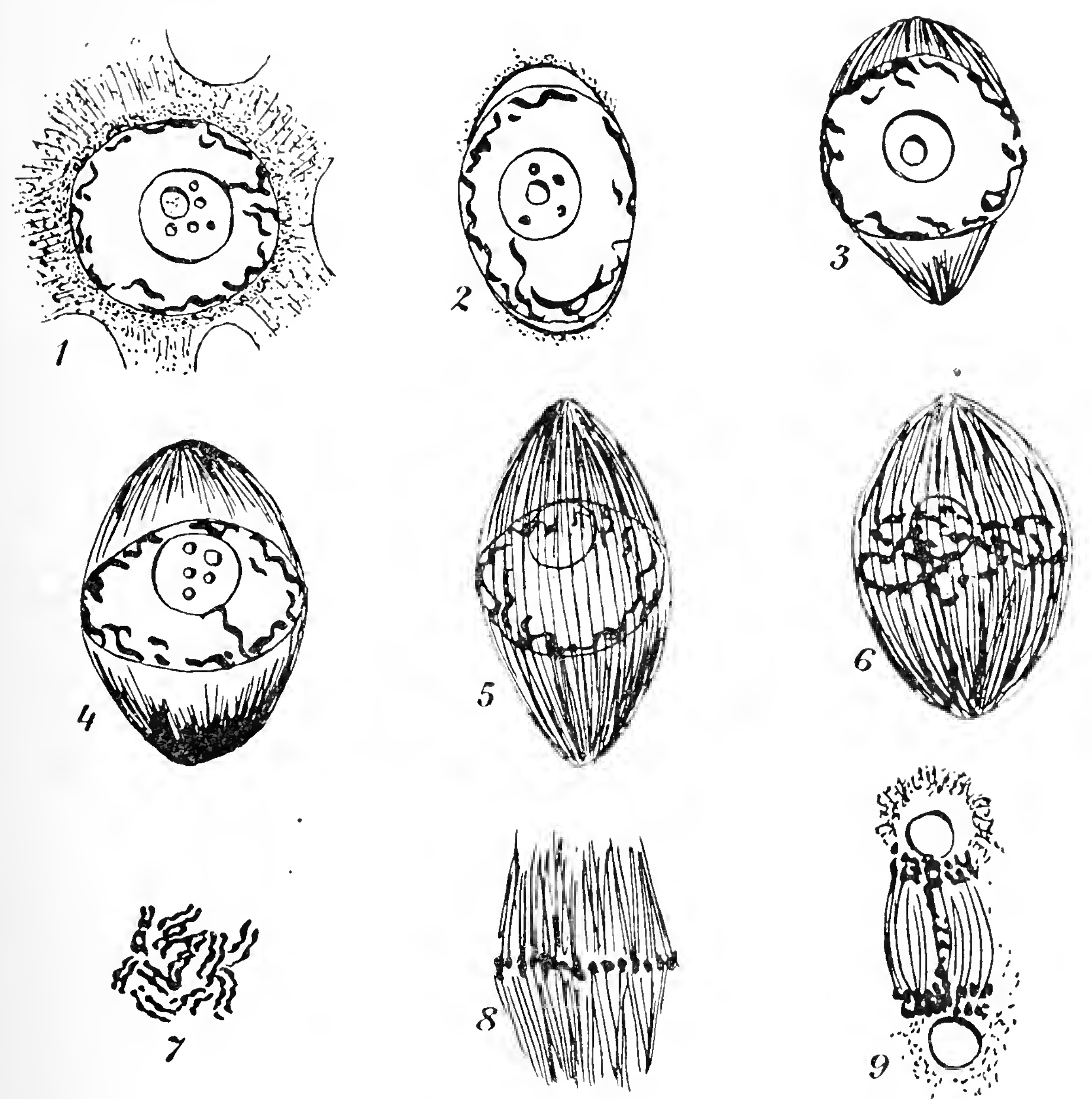
Die Kerntheilungen, wie man sie im vegetativen Gewebe der Stamm- und Wurzelspitze vorfindet, weichen nicht von dem bekannten Typus der „vegetativen Theilung" bei den Gefässpflanzen[1]) ab. Es häuft sich während der Anfangsstadien der Prophasis um den Kern eine dichte, homogene oder sehr fein granulirte Substanz an (Textfig. 1.) In dieser Substanz erscheint dann ein an den Polen „kappenförmig" ausgebildeter, hyaliner Periplast (Textfig. 2), der im Ganzen die Form eines Ovoides oder Ellipsoides zeigt. Selten trifft man jedoch an Präparaten ganz hyaline Periplaste, da sich sehr früh Fäserchen an der Peripherie der Periplaste zu entwickeln beginnen, die von den Polen gegen den Aequator hin wachsen. Unterdessen vergrössert sich der Periplast und zwar hauptsächlich in der Richtung der Theilungsachse (Textfig. 3, 4). Die von den Polen auswachsenden Fäserchen sind nicht alle gleich lang, doch bilden sie im Ganzen zunächst zwei durch den Kern in der äquatorialen Zone getrennte Spindelhälften, die später zu einer einheitlichen Spindel verfliessen (Textfig. 5), die durch meridional verlaufende, den ganzen Kern umspinnende Fäserchen gebildet wird.

1) B. Němec, Ueber die Ausbildung der achromatischen Kerntheilungsfigur im vegetativen und Fortpflanzungsgewebe. Bot. Centralblatt 1898.

1 2 3 4 10 5 6 7 11


12
13
16
15
18
14
19
8
17
9

Bis hierher ist die Kernmembran erhalten, das Chromatin bildet einen an der Kernperipherie dicht unter der Membran verlaufenden Faden. Zur Zeit, wo die den Kern umgebende Spindel fertig ist, verschwindet auch die Kernmembran, am Chromatinfaden sind Varicositäten zu sehen, die den Anfang der individualisirten Chromosomen bilden (Textfig. 6). Zu dieser Zeit muss schon auch die Längsspaltung stattfinden, da man an dünnen Schnitten in den Periplasten paarweise parallel verlaufende chromatische Stücke findet (Textfig. 7). Die Chromosomen sind kurz und gedrungen stäbchenförmig. Es gibt deren ungefähr 36, sicher nicht viel mehr, sie füllen die ganze Fläche des



Aus der Wurzelspitze von *Solanum tuberosum*. Fig. 1—5, Prophasis mit wohlerhaltener Kernmembran; Fig. 6, die Kernmembran verschwindet; Fig. 7, Längsspaltung der Chromatinschleifen; Fig. 8, Aequatorialplatte; Fig. 9, Ende der Metakinesis. An den Polen grosse Nucleolen.

Aequators aus. Im Stadium der Aequatorialplatte fand ich die zum Pole verlaufenden Fäserchen nie in einer einzigen Spitze vereinigt, sondern mehrpolig (Textfig. 8) oder parallel verlaufend.

Die Nucleolen, speciell in der Wurzelspitze, enthalten eine einzige, centrale Vacuole, in welcher beim Fixiren Körnchen gefällt

werden, die merkwürdiger Weise kyanophil sind (aus einer Jodgrün-Fuchsin S enthaltenden Lösung fixiren sie Jodgrün) oder sie zeigen mehrere ungleich grosse Vacuolen (Textfig. 1, 2). Die Nucleolen verschwinden erst zur Zeit der Bildung der Aequatorialplatte. Man kann öfters mitten in der Figur ihre Ueberreste noch während der Metakinesis treffen. Oefters erscheinen sie wieder nach der beendigten Metakinesis an den Polen der Figur (Textfig. 9). Ihre Grösse ist besonders in embryonalen Zellen auffallend.

Weitere Untersuchungen betreffen die Kerntheilung in den verwundeten Knollen. Hier bildet sich bekanntlich Wundperiderm aus und zwar so, dass fast ausnahmslos die neugebildeten Scheidewände parallel mit der Wundfläche verlaufen.[1]) Unterliegen jedoch die zur Theilung gereizten Zellen einem Druck[2]), stellen sich die Scheidewände parallel zu der Fortpflanzungsrichtung desselben, werden die Zellen einem Zug ausgesetzt, senkrecht zu demselben, allerdings nicht alle, sondern ungefähr 75—85 $^0/_0$. Es lässt sich auch constatiren, dass in Zellencomplexen, die einem Druck ausgesetzt sind, auch tiefere Zellenlagen zur Theilung gereizt werden, als unter normalen Verhältnissen. In diesen werden dann noch weniger Scheidewände durch Druck orientirt, als eben angegeben wurde.

Conservirt man die zum Versuche benutzten aus Kartoffelknollen ausgeschnittenen Streifen oder Scheiben und untersucht dieselben mit Hinsicht auf die Kerntheilung, so findet man, dass schon die achromatischen Figuren senkrecht auf die Richtung der sich später bildenden Scheidewand entstehen. Ich werde der Einfachheit wegen die Verhältnisse beschreiben, denen man unter normalen Verhältnissen bei der Wundperidermbildung begegnet.

Die Kerne sind ziemlich gross, öfters lappenförmig, abgeplattet, das Chromatin fein vertheilt. Bereitet sich ein Kern zur Theilung, so häuft sich um denselben ein dichtes, stark färbbares Plasma an, das öfters radial um den Kern angeordnete Granulationen und Fäserchen zeigt (Fig. 1 Taf. XIII). Die Chromatinkörnchen werden grösser, die reticularen Anastomosen spärlicher und schliesslich erscheint im Kerninneren ein verschieden gebogener und unregelmässig verlaufender Faden (Fig. 7 Taf. XIII). Der Nucleolus, in dem zunächst gewöhnlich eine einzige centrale Vacuole zu sehen war, zeigt zu dieser Zeit mehrere ungleich grosse Vacuolen (Fig. 2, 4, 7 Taf. XIII).

1) Kny, L., in Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1893.

2) Kny, L., in Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1896.

Die Bildung der achromatischen Figur wird dadurch eingeleitet, dass sich um den Kern herum ein eigenartiges Plasma ansammelt, das zuerst in das übrige Cytoplasma allmählich übergeht (Fig. 1 Taf. XIII), später jedoch von demselben ziemlich scharf abgegrenzt erscheint (Fig. 2 Taf. XIII). Dieses Plasma umgibt gewöhnlich gleichmässig den ganzen Kern, es zeigt eine granuläre Struktur, die Granula sind öfters in radiäre Strömchen angeordnet. Diese Plasmaansammlung entspricht wohl nur dem körnigen, den „Periplast", den ich in einigen früheren, die Kerntheilung betreffenden Arbeiten [1]) charakterisirt habe, umgebenden Plasma. Merkwürdig ist der Umstand, dass die Ansammlung nicht bipolar ausgebildet ist, also ovoidal oder ellipsoidisch, wie es für das vegetative Gewebe der Gefässpflanzen Regel ist. Sie umgibt hier meist gleichförmig den ganzen Kern.

Während noch die Membran gut erhalten ist, bilden sich in dem dichten Plasma parallel verlaufende Fäserchen, die genau in der Richtung der Theilungsachse entstehen, also senkrecht auf die Wandfläche (Fig. 9 Taf. XIV). Sie bilden sich jedoch nur an den „Polflächen" der Kerne, so dass die Aequatorialzone dieselben nicht aufweist (Fig. 8 Taf. XIV).

Unterdessen haben sich die Chromosomen individualisirt und sammeln sich meist an der Peripherie der Kerne an. Die parallel verlaufenden Fäserchen wachsen jetzt stark vom Kern aus in das Cytoplasma und zwar die Form der Kerne ungeachtet immer mit der Theilungsachse parallel. An den lateralen Flächen bilden sich keine Fäserchen (Fig. 4, 5 Taf. XIII). Oefters bedingen Vacuolen oder Stärkekörner, die den Kern umgeben, dass die Fäserchen nicht alle gleich lang sind (Fig. 6 Taf. XIII); auch kommt es vor, dass sich dieselben, wenn der Kern dicht an einer Zellmembran liegt, nur an der freien Seite stärker verlängern, wogegen sie an der anderen Seite ganz kurz bleiben.

Die eben beschriebene Ausbildung der achromatischen Fäserchen gleicht in mancher Hinsicht der von Mitzkewitsch [2]) beschriebenen Ausbildung der Figur bei *Spirogyra*. Sie ist eine monaxiale und wohl acentrische, da sich hier während der ganzen Theilung nichts zeigt, was auf das Vorhandensein eines extranucleären Centrums schliessen liesse. Auch ist hervorzuheben, dass sich während der ganzen Theilung die zum Pole verlaufenden Fäserchen nie in einem Punkte vereinigen.

---

1) In den Sitzungsber. d. böhm. Ges. d. Wiss. 1897, 1898; Bot. Centralbl. 1898, Bd. 74; Anat. Anz. Bd. 14, 1898.

2) Mitzkewitsch in der Flora Bd. 85.

Das Stadium, wo die Kernmembran verschwindet und die Chromosome sich zur Bildung der Aequatorialplatte umlagern, gelang mir nicht aufzufinden. Die nächsten Stadien, die ich gesehen habe, waren schon Aequatorialplatten, die hier ein ziemlich eigenartiges Aussehen haben. Die Chromosomen sind nämlich kurz und gedrungen und füllen die Fläche des ganzen Aequators aus (Fig. 10 Taf. XIII). Nicht selten erscheint diese Fläche unregelmässig gebogen (Fig. 11 Taf. XIII). Die Zahl der Chromosomen beträgt sicher mehr als 70. Die zu den Polen verlaufenden Fäserchen sind entweder in mehreren Punkten vereinigt (Fig. 10 Taf. XIII) oder dieselben convergiren gleichmässig zu einem ideellen Punkt (Fig. 11 Taf. XIII). Dieselben Verhältnisse sieht man auch während der Metakinesis. Die getrennten Schwesterchromosomen sind durch dicke Fäserchen verbunden (Fig. 12 Taf. XIV). Zu Ende der Metakinesis werden jedoch die von einzelnen Chromosomen zu den Polen verlaufenden Fäserchen körnig; an den Polen erscheinen dann körnige, dichte Massen (Fig. 13, 14 Taf. XIV). Ueber ihr weiteres Schicksal weiss ich nichts zu sagen. Die Zellplatte tritt in der bekannten Weise in der Form von Verdickungen in den Verbindungsfasern auf (Fig. 13 Taf. XIV).

Während der Anaphasis treten die früher in einer ziemlich weiten Fläche liegenden Chromosomen dicht zusammen und bilden eine auffallend kleine, linsenförmige Gruppe, die sich zu einem neuen Kern reconstruirt (vgl. Fig. 16, 18 Taf. XIV). Diese Chromosomengruppen nähern sich dann gegenseitig, so dass die Verbindungsfasern zwei mit der breiten Basis der Zellplatte ansitzende stumpfe Kegel bilden. Betrachtet man die Figur von oben, so sieht man, dass die Fäserchen radial von den Kernanlagen ausstrahlen (Fig. 15 Taf. XIV). Später entfernen sich die Fäserchen von den Kernanlagen, so dass um dieselben ein freier Raum entsteht, was besonders schön bei einer von oben betrachteten Figur zu sehen ist (Fig. 17 Taf. XIV). Solche Figuren findet man in grosser Anzahl, wenn man der Wundfläche parallele Schnitte macht. An Schnitten, die die Figur parallel der Theilungsachse getroffen haben, sieht man, dass dieser die Kernanlagen umgebende Raum von einer Membran begrenzt wird (Fig. 16 Taf. XIV). Da die Scheidewände eine relativ grosse Dimension erreichen müssen, können diese Räume sehr weit sein. Unterdessen hat sich die Kernmembran gebildet und die beiden Kerne rücken sehr nahe an die Zellplatte (Fig. 18 Taf. XIV). Fäserchen lassen sich nur an der Peripherie der Zellplatte erkennen.

Wir haben constatirt, dass sich die Figur monaxial ausbildet und

dass sich die Fäserchen von Anfang an in der Richtung der Theilungsachse entwickeln. Dies gilt jedoch nur für Zellen, die sich noch im festen Verband mit dem übrigen die Zelle umgebenden Gewebe befinden. Wie verhält sich die Sache unter Umständen, wo die Zellen ziemlich frei liegen und zur Theilung sich anschicken? Dies lässt sich an vierkantigen Streifen oder Würfeln studiren, die man aus einer Kartoffelknolle ausschneidet und das Wundperiderm bilden lässt. Die an den Ecken oder Kanten liegenden Zellen (wenn sie sich überhaupt theilen) bilden Scheidewände in mannigfachen, voraus unbestimmbaren Richtungen, die öfters diagonal liegen, tangential oder radial. Es gelingt immer an vierkantigen Streifen an der Kante Zellen aufzufinden, deren Nachbarzellen so verwundet wurden, dass sie abgestorben sind, so dass dann die betreffenden Zellen wenigstens auf zwei gegenüberliegenden Seiten frei sind. Einen solchen Fall habe ich in der Fig. 19 Taf. XIV abgebildet. Die Schnittflächen gingen etwa in den durch die beiden Pfeile angegebenen Richtungen. Durch das Absterben der Nachbarzellen, die offenbar verwundet wurden, wurde die abgebildete Zelle ziemlich frei, und soweit sich aus dem Schnitte herausstellt, hängt sie mit dem übrigen Gewebe nur mit der basalen, gebrochenen Membran zusammen. Wenn sich derartige Zellen zur Theilung anschicken, so entsteht um den Kern ein „Periplast", in dem dann die Fäserchen erscheinen. Dieselben sind jedoch nicht monaxial, parallel orientirt, sondern verlaufen radial und wachsen an allen Seiten vom Kerne aus (Fig. 19 Taf. XIV). Die Figur, die aus diesen anfangs radial verlaufenden Fäserchen entsteht, ist zwar auch bipolar bezw. monaxial, die Richtung der Theilungsachse jedoch nicht streng bestimmt.

Die Unterschiede zwischen beiderlei bisher geschilderten Kerntheilungen von *Solanum tuberosum* betreffen zunächst die Ausbildung der achromatischen Figur. Wogegen in der Stamm- oder Wurzelspitze ein hyaliner, bipolar gestalteter Periplast entsteht, an dessen Peripherie sich meridional um den Kern herum verlaufende Fäserchen bilden, entwickelt, wachsen bei den Kerntheilungen an Wundflächen des Knollens die Fäserchen direct von der Kernoberfläche aus, und zwar in einer sowohl unter normalen Verhältnissen als auch in Zug oder Druck ausgesetzten Zellen ganz bestimmten Richtung. Wenn nun die Zellen ziemlich frei vom umgebenden Gewebe gemacht werden, so entsteht die achromatische Figur ganz gleichmässig radial um den Kern herum. Hier lässt sich also ein entscheidender, äusserer Moment anführen, der für die Art der Figurenbildung in Betracht kommt,

wogegen man für die übrigen Unterschiede nur hypothetische Ursachen angeben kann.

Bei der Kerntheilung in verwundeten Knollen ist sehr auffallend, dass um den Kern herum kein hyaliner Periplast entsteht; doch ist es wahrscheinlich, dass der Grund dafür in der Grösse der Kerne zu suchen ist. Dieselben sind im normalen Knollenparenchym mindestens um 30 % grösser als in Vegetationsspitzen, und wahrscheinlich genügt die Menge der angesammelten Stoffe, die den hyalinen Periplast bilden, nicht dazu, um als ein hyalines, den Kern umgebendes Gebilde hervortreten zu können. Wenn der Periplast vorhanden ist, so dürfte er nur als eine äusserst dünne, nicht wahrnehmbare Schicht an der Kernmembran entwickelt sein. Damit könnte es auch zusammenhängen, dass die Fäserchen scheinbar direct von der Kernmembran auswachsen und sich nicht, wie dies in Stamm- und Wurzelspitzen der Fall ist, an der Peripherie des „Periplastes“ meridional ausbilden.

Im Allgemeinen ist die Zahl der Chromosomen in den Figuren bei der Wundperidermbildung grösser als in Stamm- und Wurzelspitzen. Wahrscheinlich stellen uns jene Theilungen hyperchromatische, atypische Theilungen vor, die übrigens Zellen von begrenzter Lebens- und Fortpflanzungsfähigkeit Ursprung geben.

Versuche, die Kny an Kartoffelknollen angestellt hatte, um den Einfluss von Zug oder Druck auf die Stellung der Scheidewände sicher zu stellen, haben mich bewogen, die Entwickelung der Theilungsfigur und die Theilung selbst zu verfolgen. Unter normalen Verhältnissen bei der Wundperidermbildung bildet sich schon die achromatische Figur ganz regelmässig in einer auf die Wundfläche senkrechten Richtung aus. Ich habe auch Kny's Versuche über den Einfluss von Zug und Druck wiederholt und die diesen mechanischen Momenten ausgesetzten, aus der Knolle nach Kny's Angaben ausgeschnittenen Riemen in der Stellung, die sie während des Versuches hatten, konservirt, so dass sich die Verhältnisse nicht durch ein dem Konserviren vorgehendes Befreien der Riemen verändern konnten. Es hat sich gezeigt, dass sich auch hier die Figur in einer bestimmten Richtung, die parallel dem Zuge und senkrecht auf der Richtung des Druckes steht, entwickelt. Die Scheidewand steht dann senkrecht auf der Theilungsfigur.

Wodurch wurde hier die Richtung der Theilungsfigur direct bestimmt, oder womit hängt ihre Stellung zusammen? Die Lösung

dieser Frage ist nicht leicht, obzwar es scheinen würde, dass man sofort die mechanischen Momente (Zug oder Druck) in Anspruch nehmen kann. Im Allgemeinen sei zunächst bemerkt, dass nicht überall dieselben Umstände bestimmend wirken müssen, was nicht nur auf die Beschaffenheit des Cytoplasmas und der überaus reichen Variationen der mitotischen Theilungsfigur zurückzuführen ist, sondern auch auf die Umgebung der sich theilenden Zellen, speziell die Beschaffenheit der Zellvereinigung, in welcher die Theilung vor sich geht. Licht, Schwerkraft und Druck und Zug können unter Umständen in gewissen Pflanzen sicher die Theilungsachse bestimmen, nach O. Hertwig's[1]) Untersuchungen auch die Vertheilung von Protoplasma und zwar so, dass die beiden Pole der Kerntheilungsfigur in die Richtung der grössten Plasmamasse zu liegen kommen. Harper[2]) hat für die Richtigkeit dieser Anschauung interessante Belege aus dem Pflanzenreiche angeführt. Ueberall lässt sich dies Princip allerdings nicht bestätigt finden, besonders aber nicht im vegetativen Gewebe der Gefässpflanzen, wo sich die Verhältnisse sicher in 50 % anders gestalten.

Hofmeister's[3]) Anschaung, dass die Stellung der Theilungsfigur und somit auch der Scheidewand in einer bestimmten Beziehung zum Längenwachsthum der mit einer festen Hülle umgebenen Pflanzenzellen steht, ist zwar eine meistens zutreffende Regel, das Prinzip selbst gibt jedoch keine Erklärung über die bestimmenden Ursachen, die hier die Stellung der Figur dirigiren. Was bestimmt die Theilung in kugeligen Zellen, die kein in einer gewissen Richtung bevorzugtes Wachsthum zeigen? Wie Stahl[4]) gezeigt hat, kann es z. B. die Richtung der einfallenden Lichtstrahlen sein, andererseits kann ein auf die Zelle einwirkender Druck, wenn er gross genug ist, gegen den Lichteinfluss sich geltend machen und die Theilungsrichtung bestimmen. Dies lehren die interessanten Versuche von Kny, die in überzeugender Weise beweisen, dass Zug oder Druck, dem die Zellen unterliegen, überhaupt mechanische Momente, die Stellung der

1) Hertwig O., Welchen Einfluss übt die Schwerkraft auf die Theilung der Zellen? Jena 1884.

2) Harper R. A., Kerntheilung und freie Zellbildung im Ascus. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. 30. 1897.

3) Hofmeister W., Zusätze und Berichtigungen etc. Pringsh. Jahrb. Bd. III pag. 272.

4) Stahl E., Einfluss der Beleuchtung auf die Theilung der Equisetum-Sporen. Ber. d. Deutschen bot. Ges. III. 1888.

Scheidewände bestimmen können. Kny hat allerdings nur die Stellung der ausgebildeten Scheidewände untersucht und deutet seine Befunde in der Weise, dass sie den Nachweis erbringen, „dass es möglich ist, die Orientirung der Kernfigur und damit die der Theilungswand dadurch zu bestimmen, dass man durch Zug bezw. Druck dem vorhergehenden intensivsten Wachsthum eine bestimmte Richtung willkürlich aufnöthigt". Thatsächlich hat Kny nicht bewiesen, dass das intensivste Wachsthum durch mechanische Momente in einer bestimmten Richtung beeinflusst wird und er konnte also nur den Schluss ziehen, dass man durch Zug oder Druck die Stellung der Scheidewände bestimmen kann. Es kann ja auch so sein, dass durch Zug oder Druck in der Zelle nicht die Wachsthumsrichtung, sondern nur die Richtung der Ausbildung oder definitiven Stellung der Kernfigur bestimmt wird, oder aber, dass bei dem Einfluss der mechanischen Momente die intensivste Wachsthumsrichtung mit der Theilungsrichtung ursächlich nichts zu thun hat.

In einem Zellencomplex kommen thatsächlich Zug oder Druck sehr häufig vor und dieselben müssen nicht allgemein mit der Richtung des intensivsten Wachsthums übereinstimmen. Andererseits ist es nicht wahrscheinlich, dass Zug oder Druck das Wachsthum in der Weise beeinflussen, wie es Kny annimmt.

Zunächst hat Pfeffer[1]) bewiesen, dass durch einen genügend grossen Widerstand, der wachsenden Pflanzentheilen entgegentritt und zu einer Druckwirkung gegen ein Gewebecomplex führt, die Zellhäute entspannt werden, d. h. zu einem intensiven Wachsthum gegen die Druckrichtung gebracht werden. Es lässt sich durch Versuche, die ich später anführen werde, beweisen, dass dies Wachsthum vorwiegend gegen die Richtung des Druckes vor sich geht, also bei einem von einer geraden Fläche einseitig ausgehenden Drucke senkrecht zu dieser Fläche. In dieser Richtung ist unter bestimmten Verhältnissen das Wachsthum am intensivsten und dennoch wird die neue Scheidewand parallel mit dieser Richtung angelegt. Dadurch wird wahrscheinlich gemacht, dass nicht das bestimmt orientirte intensive Wachsthum, sondern die mechanischen Momente direct auf die Stellung der Kernfigur und der Scheidewände einwirken.

Ueber den Einfluss von Zug auf die Orientirung des Wachsthums liegen hauptsächlich Hegler's[2]) Untersuchungen vor. Es erhellt

1) Pfeffer W., Druck- u. Arbeitstheilung durch wachsende Pflanzen. Lpz. 1893.

2) Hegler R., Ueber den Einfluss des mechanischen Zugs auf das Wachsthum der Pflanzen. Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pfl. Bd. VI.

aus denselben, dass durch Zug nicht das Wachsthum in der Richtung des Zuges beschleunigt wird, vielmehr findet eine Retardirung statt und secundäre Erscheinungen, die zu einer Hemmung des Wachsthums in dieser Richtung führen. Wenn jedoch durch Zug die Richtung der neuen Scheidewände in einem Gewebecomplexe in der Weise orientirt wird, dass dieselben senkrecht auf die Richtung des Zuges zu stehen kommen, so müsste man, um diese Erscheinung im Sinne der Hofmeister'schen Lehre erklären zu können, annehmen, dass das intensivste Wachsthum durch Zug so beeinflusst wurde, dass es in der Richtung des Zuges am intensivsten wurde. Dem sprechen jedoch die von Hegler festgestellten Thatsachen entgegen. Man könnte also auch hier annehmen, dass Zug direct auf die Stellung der Kernfigur, somit auch der Scheidewand einwirkt.

Die ganze Frage nach den Ursachen einer bestimmten Stellung der Figur und auch der Scheidewand wäre viel einfacher (allerdings nur da, wo mechanische Momente thatsächlich in Betracht kommen können), wenn man annehmen könnte, dass Zug oder Druck direct auf den Protoplasten einwirkt. Zwar könnte es sich auch in diesem Falle nicht um eine blosse einfache physikalische Einwirkung handeln, vielmehr müsste man annehmen, dass durch die Fortpflanzung von Druck oder Zug im Cytoplasma Zustände hervorgerufen werden, die eine Strukturveränderung, wie sie bei der Bildung der achromatischen Fäserchen zu Tage tritt, nur in einer dem Zuge parallelen, auf dem Druck senkrecht stehenden Richtung zulassen. In einer von mechanischen Einwirkungen freien Zelle müssten die Strukturveränderungen in beliebigen, unbestimmten Richtungen, falls ein organisches Centrum existirt, radiär um dasselbe vor sich gehen. Thatsächlich bildet sich die Figur in freien Zellen (Sporen- oder Pollenmutterzellen, in fast frei gemachten Zellen aus dem Parenchym der Kartoffelknollen) radiär oder unregelmässig aus. Ich bin mir dessen bewusst, dass auch dieser Fall eine Erklärung im Sinne der Hofmeister'schen Theorie zulässt, denn man könnte sagen, dass diese freien Zellen an ihrer ganzen Peripherie gleichmässig wachsen oder überhaupt nicht wachsen, so dass es dann keine bevorzugte Richtung gibt, welche die Stellung der Figur und Scheidewand bestimmen könnte.

Unsere Annahme wird jedoch gegen die Hofmeister'sche Theorie an Wahrscheinlichkeit gewinnen, wenn es uns gelingen wird wahrscheinlich zu machen, dass da, wo sich durch Zug oder Druck die Figur orientiren lässt oder auch unter normalen Verhältnissen diese Orientirung nicht streng an die Richtungen des intensivsten

Wachsthums gebunden ist, und zweitens dass hier die Zellen auch ohne Eingreifen der äusseren Umstände einem Zug oder Druck in bestimmter Richtung unterliegen. Die Untersuchungen, welche ich zum Nachweise dieser Sätze angestellt habe, betreffen wieder Kartoffelknollen, einige auch die Wurzeln der Keimpflanzen von *Vicia faba*.

Wird aus einer Kartoffelknolle, die mit einem Rasiermesser verwundet und in feuchte Luft gesetzt wurde, ein nicht zu dicker Riemen ausgeschnitten, wobei die eine breite Fläche die ältere Wundfläche, die andere die neue vorstellt, und legt man den Riemen in destillirtes Wasser oder in eine plasmolysirende Flüssigkeit, so kann man die eventuell vorhandenen Unterschiede im Turgor oder in der Membranelastizität durch bestimmte Krümmungen der Wundflächen konstatiren. Ich nahm Riemen, die 14 mm lang, 5 mm breit und 1 mm dick waren. Die verwundeten Knollen befanden sich zwar in feuchter Luft, waren jedoch nicht völlig turgeszent. Es zeigte sich nun ($^1/_4$ Stunde in der Flüssigkeit):

5 St. alte Wundfläche	in Wasser schwach convex. plasmolysirt gerade oder schwach convex.
16 St. „ „	in Wasser entweder schwach convex oder gerade, selten concav. plasmolysirt gerade, öfters convex.
24 St. „ „	in Wasser schwach concav. plasmolysirt schwach convex.
72 St. „ „	in Wasser stark convex. plasmolysirt stark convex.

Umgekehrt war überall die frische Wundfläche gekrümmt. Liess man einen Riemen mit einer 5 St. alten und einer neuen Wundfläche längere Zeit im Wasser, z. B. 16 St., so wurde der Riemen gerade oder behielt die schwache Krümmung. Wurde ein Riemen mit einer frischen und einer 72 St. alten Wundfläche 18 St. in Wasser gelassen, so verstärkte sich die Krümmung um 40 %. Wurde nun vorsichtig an der jetzt 18 St. alten Wundfläche eine etwa 0,2 mm dicke Schicht abgetragen, so ging die Krümmung etwa um 20 % zurück. Die auffallende Verstärkung der Krümmung während der 18 St. war also auf die Thätigkeit der neueren Wundfläche zurückzuführen. Die concave (in Wasser) oder convexe (in plasmol. Flüssigkeiten) Krümmung der älteren Wundfläche rührt offenbar von der Herabsetzung der Dehnbarkeit der cuticularisirenden Membranen her. Wird eine möglichst feine oberste Schicht von einer 24—28 St. alten Wundfläche vorsichtig entfernt und dann ein Riemen ausgeschnitten, dessen eine

breite Fläche die erneute Wundfläche bildet, erscheint diese in Wasser convex, ebenfalls, allerdings schwächer, in dem plasmolytischen Zustande. Dass hier nicht Veränderungen im Turgor bestimmend wirken, erhellt daraus, dass 12 St. nach der Verwundung der Turgor an den Zellen der Wundfläche eher niedriger erscheint (doch nicht constant und kaum um mehr als 0,8 % Kalisalp.) als im normalen Zustande.

Plasmolysirt man grössere, nicht zu dünne, auf die Wundfläche senkrecht geführte Schnitte, an denen die Zellen ihre Form behalten hatten[1], kann man leicht constatiren, dass sich schon nach 12 St. die Zellen in der mit der Wundfläche parallelen Richtung weniger verkürzen, als senkrecht auf dieselbe. Die Verhältnisse lassen sich leider nicht exact constatiren, da die Zellen nicht frei liegen und da die äussersten Membranen bald an Dehnbarkeit verlieren. Man darf deshalb nur die unter der äusseren Zellenlage liegenden Zellen in Betracht ziehen. Während sich diese z. B. 24 St. nach der Verwundung parallel mit der Wundfläche nur um etwa 2 % verkürzen, beträgt die Verkürzung senkrecht auf diese Richtung 5 % oder mehr; 48 St. nach der Verwundung parallel mit der Wundfläche 3 %, senkrecht auf dieselbe 6 %; nach 60 St. 2 %, 4 % u. s. w.

Ich erkläre mir die soeben angegebenen Verhältnisse folgendermaassen: Die Zellen, welche durch die Verwundung zur Theilung gereizt werden, wachsen zunächst in der der Wundfläche parallelen Richtung, bis ihre Membranen nahezu ganz in dieser Richtung entspannt sind. Daher kann in dieser Richtung die Turgorkraft viel mehr zur Geltung kommen als in anderen Richtungen und es üben die Zellen auf einander einen energischen Druck aus. Dieser Druck kann selbstverständlich in der auf die Wundfläche senkrechten Richtung nicht so gross sein, da sich hier einerseits die Zellen frei verlängern können, andererseits die Turgorkraft an der Dehnung der Membranen verloren geht. Durch die Entspannung der Membranen in der mit der Wundfläche parallelen Richtung lassen sich dann auch die beschriebenen Erscheinungen der Krümmungen erklären, die man an turgeszenten oder plasmolysirten Streifen beobachtet, die aus der Kartoffelknolle ausgeschnitten wurden und von ungleich alten Wundflächen begrenzt sind. Dass auch in Wurzeln, die man zwischen zwei convergente Glasplatten[2])

1) In kleinen Schnitten, wo sich die Zellen nicht mehr in dem festen Verbande wie in normalen Verhältnissen befinden, wo sich also die der Wundfläche anliegenden und die nächst unten liegenden Zellen den Verhältnissen der Membrandehnbarkeit conform verändern konnten, liegen die Verhältnisse etwa umgekehrt.

2) Wie es Kny (l. c.) angegeben hat.

wachsen lässt, die Membranen in den Richtungen senkrecht auf die Glasplatten entspannt werden, beweisen Messungen an solchen turgeszenten und plasmolysirten Wurzeln. Aus einer Reihe von derartigen Beobachtungen werde ich nur als Beispiele folgende Messungen anführen: Eine 36 Stunden zwischen zwei convergenten Glasplatten wachsende Wurzel von *Vicia faba* zeigt noch zwischen die Platten eingepresst Folgendes:

5 mm vom Vegetationspunkt misst:

a) der breite Durchmesser (parallel den Platten) 52 Theilchen (1 = 0,027 mm)

b) der darauf senkrechte . . . . 21 „

10 mm vom Vegetationspunkt: a) . . . 55 „

b) . . . 27 „

Die befreite und turgeszente Wurzel (nach 5 Min. im dest. Wasser):

5 mm vom Vegetationspunkt: a) . . . 53 Theilchen

b) . . . 35 „

10 mm „ „ a) . . . 59 „

b) . . . 30 „

Plasmolysirt in 10proc. Kalisalpeter:

5 mm vom Vegetationspunkt: a) . . . 51 „

b) . . . 21 „

10 mm „ „ a) . . . 56 „

b) . . . 27 „

Die Membranen waren auch hier gegen die Richtung des mechanischen Druckes entspannt, wodurch ein ausgiebiger gegenseitiger Druck der Zellen senkrecht auf die Platten verursacht wurde.

Was das Wachsthum betrifft, so muss zugestanden werden, dass die Zellen der obersten Zellenlage, die direct an die Wundfläche grenzt, intensiver in der auf dieselbe senkrechten Richtung wachsen, als parallel zur Wundfläche; doch berücksichtigt man auch die inneren Zellen, die sich ebenfalls theilen, so kann man durch Vergleich mit normalen Parenchymzellen feststellen, dass sie senkrecht auf die Wundfläche oft überhaupt nicht gewachsen sind, wogegen sie in der mit derselben parallelen Richtung durch Membranwachsthum entspannt sind, und dennoch werden sie durch eine Scheidewand getheilt, die eigentlich parallel mit der Richtung des intensivsten Wachsthums steht.

Die eben angeführten Thatsachen scheinen mir wahrscheinlich zu machen, dass mechanische Momente nicht erst durch die primäre Beeinflussung der Wachthumsrichtung secundär auch die Stellung der

Theilungsfigur bestimmen, sondern dass dies durch eine directe Beeinflussung des Protoplasten durch mechanische Momente geschieht, wogegen die Affection der Wachsthumsrichtung ursächlich mit der Stellung der Theilungsfigur nicht zusammenhängt. Durch die mechanischen Momente wird zunächst die Richtung, in welcher sich die achromatischen Fäserchen entwickeln, bestimmt. Die Bipolarität, die bei der Bildung der Figur im vegetativen Gewebe der Gefässpflanzen zu Tage tritt, wird öfters mit diesen mechanischen Momenten in Zusammenhang stehen können, wogegen die radiale Ausbildung der Figuren darin ihren Grund hat, dass die Zellen frei liegen.

Prag, Botan. Inst. d. böhm. Universität.

Tafelerklärung.

Alle Figuren und Präparate aus verwundeten Knollen von *Solanum tuberosum*.

Tafel XIII.

Fig. 1, 2. Anfangsstadien der Prophasis. Um die Kerne herum ist eine distincte Plasmaansammlung zu sehen.
Fig. 3. An einer Seite des Kerns entwickeln sich parallele Fäserchen.
Fig. 4, 5. Parallel verlaufende Fäserchen bilden sich an zwei „Polen" aus.
Fig. 6. Die Fäserchen verlängern sich.
Fig. 7. Die Fäserchen nur an einer Seite verlängert.
Fig. 10. Stadium der Aequatorialplatte.
Fig. 11. Breite Aequatorialplatte.

Tafel XIV.

Fig. 8, 9. Anfangsstadien der Faserbildung.
Fig. 12. Metakinesis. Die Schwesterchromosomen durch dicke Fäserchen verbunden.
Fig. 13, 14. Ende der Metakinesis. An den „Polen" erscheint eine körnige Masse.
Fig. 15. Anaphasis und Zellplattenbildung von oben gesehen.
Fig. 16. Zellplattenbildung. Um die Chromosomengruppen herum ist ein grosser Hof entwickelt.
Fig. 17. Ein solches Stadium von oben.
Fig. 18. Weiteres Stadium der Scheidewandbildung.
Fig. 19. Ausbildung der achromatischen Figur in einer Zelle, die nur an einer Seite mit dem übrigen Gewebe zusammenhängt. (Die Zelle liegt an der von zwei in der Richtung der Pfeile geführten Schnittflächen gebildeten Kante.)

Die Präparate wurden mit einer Eisessigpikrinschwefelsäure enhaltenden Flüssigkeit fixirt, mit Paracarmin in toto oder mit Blutlaugensalztanninsmaragdgrün als Schnitte gefärbt.

Litteratur.

L'année biologique. Comptes rendus des travaux de biologie générale publiées sous la direction de **Yves Delage**, avec la collaboration d'un comité de rédacteurs. Secrétaire de la rédaction **Georges Poirault.** Première année 1895. Paris, Librairie C. Reinwald 1897. Deuxième année 1896. Paris 1898.

Botanik und Zoologie haben sich, bedingt durch das endlose Feld der Untersuchung, welches beide vor sich haben, lange auf getrennten Bahnen bewegt. Erst in neuerer Zeit hat sich die Erkenntniss Bahn gebrochen, dass die fundamentalen Probleme für beide dieselben sind. Es braucht nur erinnert werden an die gemeinsamen Züge, die im Zellenbau und in den Befruchtungserscheinungen von Pflanzen und Thieren sich ergeben haben, an die vielfachen Berührungspunkte zwischen thierischer und pflanzlicher Stoffwechsellehre u. A. Dazu kam in den letzten Jahren namentlich noch ein anderes Gebiet: alle die Fragen, die sich beziehen auf Vererbung, auf die Abhängigkeit der Organbildung von inneren und äusseren Bedingungen, die Versuche, tiefer einzudringen in das Wesen der Entwickelung. Wer sich mit diesen Problemen beschäftigt, die täglich mehr an Bedeutung und Interesse gewinnen, kann sich nicht auf die botanische oder zoologische Litteratur allein beschränken, ohne einseitig zu werden, wofür gerade die Zoologen zahlreiche Belege geliefert haben. Manche kühne Spekulation wäre bei Berücksichtigung der pflanzlichen Verhälnisse unterblieben; andererseits haben auch die Botaniker vielfach sich von dem frischeren Zuge, der in die zoologische Forschung gekommen ist, nicht berühren lassen. Das Erscheinen eines der „allgemeinen Biologie“ gewidmeten Jahresberichtes, wie er in der oben genannten Veröffentlichung jetzt in zwei Jahrgängen vorliegt, entspricht daher einem Bedürfniss, zumal ja auch auf botanischem Gebiete das Referatwesen sehr wenig befriedigend ist. Im Allgemeinen kann man wohl sagen, dass eine botanische Arbeit um so ausführlicher, rascher und öfter citirt und referirt wird, je ausschliesslicher sie sich auf das Erzählen einzelner Thatsachen beschränkt. Dem gegenüber sucht der vorliegende Jahresbericht mehr die allgemeinen Gesichtspunkte hervorzuheben — nicht in allen Referaten mit demselben Erfolge. Dies wird sich indess bei einer grösseren Anzahl von Mitarbeitern kaum je vermeiden lassen. Um welche Fragen es sich handelt, wird am besten aus einer Mittheilung der einzelnen Abschnitte hervorgehen: I. Die Zelle, II. Die Sexualprodukte und die Befruchtung, III. Parthenogenesis, IV. Ungeschlechtliche Vermehrung, V. Ontogenese, VI. Teratogenese, VII. Regeneration, VIII. Pfropfungen, IX. Sexualität und secundäre Sexualcharaktere, X. Polymorphismus, Metamorphose und Generationswechsel, XI. Latente Eigenschaften, XII. Correlation, XIII. Tod, Unsterblichkeit und Keimplasma, XIV. Allgemeine Morphologie und Physiologie, XV. Vererbung, XVI. Variation, XVII. Ursprung der Arten, Phylogenie, XVIII. Geographische Vertheilung, XIX. Physische Funktionen, XX. Allgemeines.

Dem ausgedehnten Programm entspricht der Umfang: Der erste Band ist 732, der zweite 808 Seiten stark. Beide enthalten ausser Einzelreferaten auch allgemeinere Zusammenfassungen, der zweite z. B. eine historisch-kritische Darstellung der Lehre von der Phagocytose aus der Feder Metschnikoff's.

K. Goebel.

Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Von **A. F. W. Schimper.** Mit 502 als Tafeln oder in den Text gedruckten Abbildungen in Autotypie, 5 Tafeln in Lichtdruck und 4 geographischen Karten. Jena, Verlag von Gustav Fischer 1898. Preis 27 Mk.

Die Ziele des Schimper'schen Werkes stimmen im Allgemeinen mit denen von Warming's „Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie" überein; es handelt sich um den Zusammenhang zwischen der Pflanzengestalt und den äusseren Bedingungen an den verschiedenen Punkten der Erdoberfläche. Diesen Zusammenhang schildert der Verf. auf Grund ausgedehnter eigener Beobachtungen, sowie der Litteratur und mit Zuhilfenahme eines ausserordentlich reichen Materiales an Abbildungen, von denen die meisten sehr lehrreich sind. — Die Litteratur scheint der Verf. theilweise aus dem Gedächtniss citirt zu haben, wesshalb die Citate nicht immer stimmen, wie zwei Beispiele zeigen mögen. Für die Auffassung, dass die röhrenförmigen Lufträume der Wasserpflanzen den Sauerstoff zu den im sauerstoffarmen Substrat befindlichen Theilen leiten, führt er Schenck's Anatomie der submersen Gewächse und ein anderes Werk an. Schenck aber sagt (vgl. Anatomie der submersen Gewächse pag. 49) über die reichliche Entwickelung des „Durchlüftungssysems" ausdrücklich, dass die biologische Erklärung dafür mit Sicherheit noch nicht gefunden sei. „Am nächsten liege die Annahme, dass die an, auf und in dem Wasser lebenden Pflanzen ihre grossen Lufträume in erhöhtem Maasse zu dem Gasaustausch der Zellen, zur Athmung, benöthigen". Es ist klar, dass diese auch von früheren Autoren ausgesprochene Anschauung für die Blätter eines Juncus, ferner die Blattstiele der Nymphaeaceen nicht zutreffen kann. Erstere wachsen ganz in der Luft, wozu sollten sie ein Luftreservoir benöthigen? Letztere sind zwar untergetaucht, haben aber weit grössere und längere Lufträume als ihrem eigenen Athmungsbedürfniss entsprechen würde. Vielmehr wurde die erwähnte Beziehung meines Wissens zuerst in dem zweiten, von Schimper citirten Werke hervorgehoben und begründet. — Die Schenck'sche Arbeit „Ueber die Luftwurzeln von Avicennia und Laguncularia" findet sich nicht, wie Schimper angibt, in den Ber. der Deutschen botan. Gesellsch., sondern in Flora 1889. — In einer zweiten Auflage, die hoffentlich recht bald erfolgen wird, wäre die betreffs des inneren Perigons irrige morphologische Beschreibung der Strelitziablüthe zu berichtigen, und die Angabe, dass die Alpenpflanzen alle xerophytischen Charakter haben, was nur für alpine Fels- und Geröllpflanzen gilt. Dass im Übrigen bei der Unvollständigkeit unserer Kenntnisse das Werk vielfach einen subjectiven Charakter trägt, der namentlich auch in der Werthung der Litteratur hervortritt, ist unvermeidlich und trägt auch für den, „der anderer Ansicht ist", nur dazu bei, das Interesse des Werkes zu erhöhen, das überall von der reichen Erfahrung und dem eingehenden Studium des Verf. Kunde gibt.

K. Goebel.

Ueber die Prothallien und die Keimpflanzen mehrerer europäischer Lycopodien und zwar über die von L. clavatum, L. annotinum, L. complanatum und L. Selago. Von Professor **Dr. H. Bruchmann** in Gotha. Mit 7 lithographirten Tafeln. Gotha, F. A. Perthes, 1898.

Es ist eine glänzende Leistung, über welche das vorliegende Werk berichtet. Die bisher theils gar nicht, theils nur mangelhaft bekannte Geschlechtsgeneration

der meisten europäischen Lycopodiumarten sind durch den Verf. mit einem Schlage bekannt geworden. Er hat Prothallien von L. clavatum, annotinum und L. complanatum nicht nur in einzelnen Exemplaren, sondern stellenweise sogar häufig gefunden und sie zu Hunderten untersuchen können; seltener waren die von L. Selago; von L. alpinum fanden sich bis jetzt nur einzelne Keimpflanzen und ein Prothalliumfragment. Von den Prothallien, welche der Verf. schildert, möchte ich das von Lyc. complanatum als Beispiel hier herausgreifen. Die Prothallien stecken — ebenso wie die von L. inundatum (Fig. 1) — wie eine Rübe aufrecht im Boden,

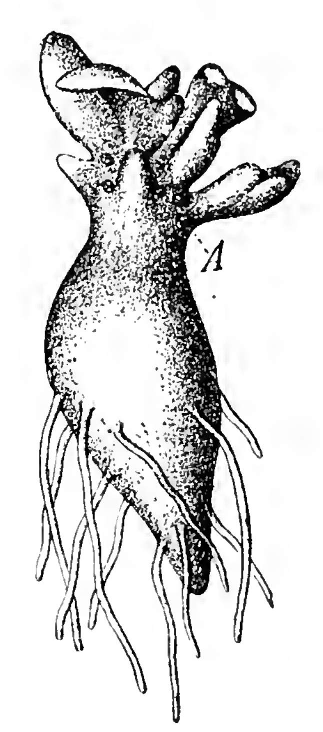


Fig. 1. Prothallium von Lycopod. inundatum (vergr.) Original.

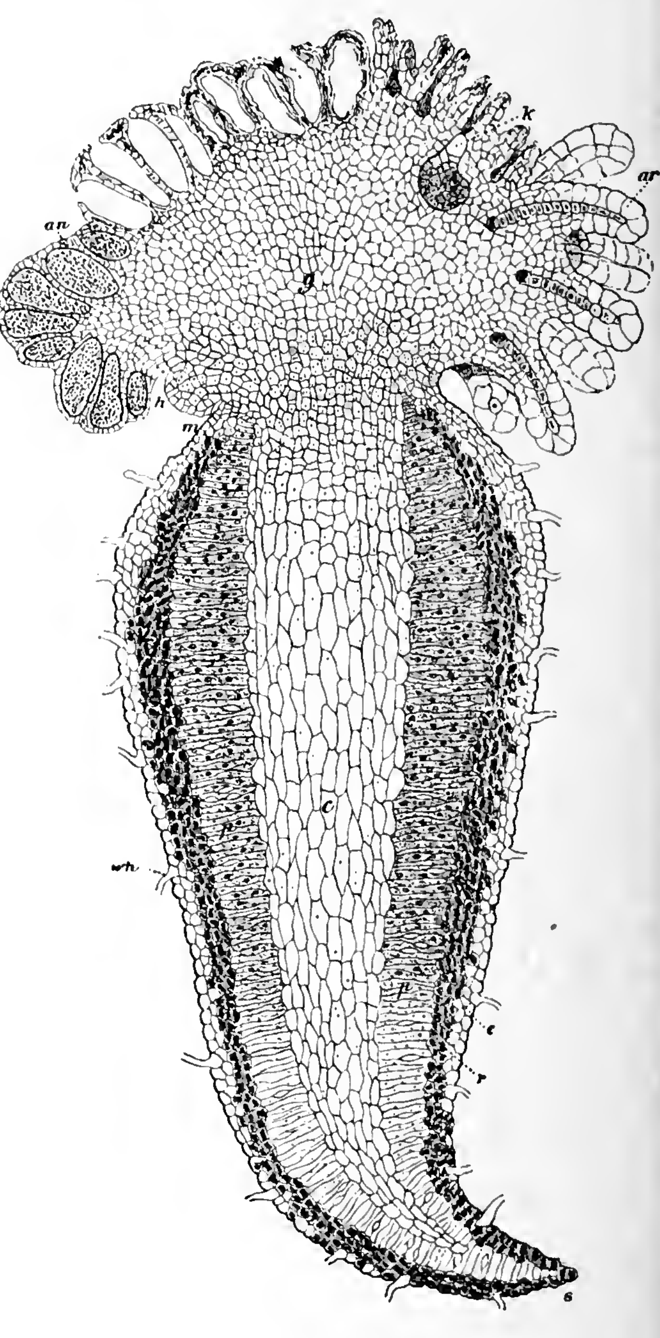


Fig. 2. Längsschnitt eines Prothalliums von Lycopod. complanatum nach Bruchmann. 26 Mal vergr. *s* Spitze (ältester Theil); *e* Epidermis; *r* Rindenschicht; *p* Palissadenschicht; *c* centrales Gewebe; *m* Meristem; *g* „generatives Gewebe“; an Antheridien *ar* Archegonien; *k* junger Embryo.

Fig. 2.

tragen aber an Stelle der Lappenkrone des ersteren (resp. des Blätterbüschels der Rübe) ein weisses Krönchen von sehr unregelmässig gestalteten Wülsten, auf welchem die Geschlechtsorgane sitzen (Fig. 2), während diese bei Lyc. inundatum unter oder zwischen den Lappen rings um das Prothallium vertheilt sind (Fig. 1 *A*). Die Verschiedenheit hängt meiner Ansicht nach mit der der Lebensweise zusammen. L. complanatum besitzt chlorophyllose, ganz saprophytisch lebende Prothallien, bei denen infolge dessen die Assimilationsorgane (die Lappen) nicht ausgebildet sind: der rübenförmige Theil des Prothalliums hat die Nahrstoffaufnahme aus dem Boden zu besorgen. Er ist bedeckt mit Haarwurzeln und besitzt einen sehr interessanten Bau. Man kann deutlich unterscheiden ein centrales Gewebe (*c*), die dasselbe umgebende Palissadenschicht (*p*) und das Rindengewebe. Nach unten

— gegen den ältesten Theil des Prothalliums hin — verliert sich dieser Bau. Im Rindengewebe findet sich ein endophytischer Pilz; auch alle anderen bis jetzt bekannten Lycopodiumprothallien sind von einem endophytischen Pilze bewohnt. Durch einzelne der starkwandigen Haarwurzeln steht er mit der Aussenwelt in Verbindung. In der Palissadenschicht, die nach dem Verf. zur Stoffspeicherung dient, dringt der Pilz nur zwischen die Zellwände ein. Die von aussen aufgenommenen und (mit Hilfe des Pilzes?) dann verarbeiteten Nährstoffe werden hier zunächst gespeichert, um dann durch das centrale Gewebe an den Ort des Verbrauchs geführt zu werden. Am Halstheil des Prothalliums findet sich — ebenso wie bei Lyc. inundatum — eine Meristemzone (*m*), in welche der Endophyt gewöhnlich nicht eindringen kann. Betreffs der Vertheilung der Geschlechtsorgane verweise ich auf die beigefügte Abbildung. Erwähnt sei aber, dass die Struktur der Sexualorgane hier einen entschieden primitiveren Typus zeigt als z. B. bei den Laubmoosen. Die Spermatozoen sind nur wenig modificirte (nicht so stark wie die der anderen Pteridophyden umgebildete), birnförmige Schwärmsporen. Die Archegonien haben zahlreiche Halskanalzellen und stimmen in ihrer Entwickelung, wie es scheint, nahe mit denen der Lebermoose überein. Nicht mit dem Verf. übereinstimmen kann Ref. darin, dass ersterer die Prothallien der Lycopodiaceen „Kaulome“ nennt. Weder der radiäre Bau der Lycopodienprothallien, noch ihr bei manchen ziemlich hoch differenzirter anatomischer Bau berechtigen zu einer solchen Bezeichnung. Ein „Kaulom“ müsste doch ein beblätterter Spross oder von einem solchen abzuleiten sein; die Lappen, welche an den Prothallien mancher Lycopodien sich finden, sind aber ebensowenig Blätter, als die der Equisetenprothallien. Die Terminologie der „ome“ aber wird überhaupt besser aufzugeben sein. So viel aber ist — von allen phylogenetischen Deutungen abgesehen — sicher, dass die Lycopodienprothallien die höchst entwickelte Stufe der Geschlechtsgeneration der Pteridophyten darstellen; und die vom Ref. verfochtene Anschauung, dass die Kenntniss der Geschlechtsgeneration der Pteridophyten auch für die Ermittelung der Verwandtschaftsverhältnisse von Bedeutung sei, hat sich auch bei den Lycopodien bestätigt.

K. Goebel.

Systematische Anatomie der Dikotyledonen. Ein Handbuch für Laboratorien der wissenschaftlichen und angewandten Botanik. Von **Dr. Hans Solereder.** 1. Lieferung mit zahlreichen Abbildungen, Stuttgart. Verlag von Ferdinand Enke. 1898. Mk. 9.—.

Seitdem man die Bedeutung der anatomischen Verhältnisse für die Systematik der Phanerogamen mehr schätzen gelernt hat, als früher, hat sich eine unendliche Litteratur über die Anatomie der verschiedenen Familien entwickelt. Im Grunde ist ja nichts leichter, als mit den heutigen Hilfsmitteln und nach dem gegebenen Schema irgend eine Gruppe „durchzumikroskopiren“; es ist das sehr viel einfacher, als z. B. eine gute Diagnose auszuarbeiten oder eine entwickelungsgeschichtliche oder experimentalphysiologische Untersuchung anzustellen. Aus diesem Grunde sind auch anatomische Themata für Dissertationen sehr beliebt. Diese Litteratur ist vielfach weit zerstreut in Zeitschriften, Dissertationen u. s. w. Eine kritische Sammlung und Sichtung derselben war desshalb ein Bedürfniss. Und eine solche systematische Anatomie wird nicht nur den Zwecken des Systematikers zu Gute kommen, auch für biologische und physiologische Untersuchungen ist ja eine Kenntniss der anatomischen Verhältnisse vielfach nothwendig. Der Ver-

fasser hat sich wegen der Fülle des Materials auf die vegetativen Organe der Dikotylen beschränkt. Er hat die Litteratur sorgfältig gesammelt und vielfach auch eigene Beobachtungen mitgetheilt. Sein Werk wird, wie der vorliegende erste Theil erkennen lässt, ein nützliches sein, und vielfache Benützung finden. Zu empfehlen wäre für die Fortsetzung[1]) eine genauere Prüfung des sprachlichen Ausdrucks. Der „angewandte Botaniker" z. B., von dem Verfasser spricht, gehört in die nicht existenzberechtigte Familie der „reitenden Artilleriekaserne". K. G.

Aus der Pflanzenwelt der Burzenländer Berge in Siebenbürgen. Von **Julius Römer.** Mit 30 chromolithogr. Tafeln nach Aquarellen von **Gottlieb Lehmann.** Wien, Verlag von Carl Graeser, 1898.

Das kleine von der Sektion „Kronstadt" des siebenbürgischen Karpathenvereins herausgegebene Buch will in Wort und Bild eine Anzahl der interessantesten siebenbürgischen Pflanzen vorführen. Diese Aufgabe hat es erfolgreich gelöst, die Abbildungen sind gut, die Beschreibungen für jeden Naturfreund verständlich und anregend. Fast alle der beschriebenen Pflanzen eignen sich zur Kultur in unseren Gärten, desshalb ist das Buch auch für Gartenbesitzer und Gärtner eine erwünschte Gabe, zumal auch für die Kultur Winke gegeben sind K. G.

Pospichal, Eduard. Flora des österreichischen Küstenlandes. Verlag von Franz Deuticke, Leipzig und Wien, 1897.

Die Veröffentlichung jeder gründlichen und auf eigener Erfahrung beruhenden Flora ist von verschiedenen Standpunkten aus nützlich. Einmal stellt sie den jeweiligen Stand der Kenntnisse der Pflanzenwelt des betreffenden Gebietes dar und ermöglicht somit das Studium derselben, während sie anderseits zur immer gründlicheren Erforschung des Gebietes und zur Ausfüllung der vorhandenen Lücken anregt. Dieses trifft hier ganz besonders für das vorliegende Werk zu, welches sich auf denjenigen Theil des österreichischen Küstenlandes bezieht, der annähernd ein rhombisches Viereck bildet, dessen Südgrenze die Mündung der Arsa und des Quieto in Istrien darstellt, während seine nördlichen Ecken von der Corada im Coglio und der Macni vrh bei St. Peter a. K. gebildet werden. Südistrien und die Quarneroküste sind ausgeschlossen, einerseits weil dieselben bereits von Freyn und Marchesetti ausführlich behandelt wurden, anderseits, da sie zu einem anderen Florengebiete gehören.

In dem ersten Bande wird zunächst in einer 43 Seiten umfassenden Einleitung eine ausführliche Beschreibung der topographischen Verhältnisse des Gebietes gegeben. Daran schliessen sich einige allgemeine Betrachtungen über die verschiedenen Zonen innerhalb des Gebietes, welche die Alpenflora, die baltische, die pontische und die mediterrane Flora und eine dazwischen liegende, als neutrale bezeichnete Flora umfassen. Bei den so grossartigen Verbindungen und den so günstigen klimatischen Verhältnissen von Triest liegt es in der Natur der Sache, dass auch die „Flora advena" hier ausserordentlich reichhaltig ist, jedoch führt Verfasser nur die wirklich eingebürgerten Arten auf, da die Zahl der gelegentlich einmal vorkommenden sehr gross ist und deren Behandlung zu weit geführt haben würde.

---

1) Unterdessen sind auch die drei anderen Lieferungen erschienen, die von der mühsamen und eingehenden Bearbeitung des Stoffes gleichfalls ein rühmliches Zeugniss ablegen.

Der erste Band umfasst die Gefässkryptogamen, die Monokotylen und einen rossen Theil der Dikotylen. Am Schlusse desselben finden sich 14 umfangreiche Taellen, welche analytische Uebersichten der Klassen, Ordnungen u. s. w. des Pflanzeneiches sowie der einzelnen Abtheilungen, bezw. Familien geben. Dieselben haben ler üblichen aufeinanderfolgenden Aufzählungen gegenüber unbedingt den Vorheil, dass sie einen besseren Ueberblick über die verwandtschaftlichen Verhältnisse rmöglichen.

Die bis jetzt erschienene erste Hälfte des zweiten Bandes bringt die Fortetzung der Dikotylen. Denselben ist eine ausführliche, in grossem Massstabe gehaltene Karte des Gebietes beigefügt. Für jede Art findet sich nach den üblichen Citaten der wichtigsten Litteratur und der Synonyme eine sehr ausführliche und gründliche Beschreibung in deutscher Sprache, woran sich in den allermeisten Fällen eine Beschreibung der im Gebiete vorkommenden Varietäten schliesst, und bei den einzelnen Varietäten werden wiederum die verschiedenen Formen näher behandelt. Zum Schluss werden dann die Standortsverhältnisse möglichst ausführlich erwähnt und die einzelnen Lokalitäten, an welchen die Pflanzen vorkommen, genau angegeben. Ein besonderer Vorzug dieses Buches dürfte es sein, dass diese Angaben des Verfassers sich auf eine 20jährige Thätigkeit im Gebiete stützen, während welcher er an den angegebenen Standorten die Pflanzen selbst gesehen hat und so die älteren Angaben kontrolliren konnte. Dass Verfasser in manchen Hinsichten von den üblichen Anschauungen abweicht, schmälert den Werth des Buches in keiner Weise.

In erster Linie wird die Flora ja diejenigen interessiren, welche in dem behandelten Gebiet leben oder auch diejenigen, welche gelegentlich dasselbe botanisch besuchen. Aber auch für alle, welche sich über die floristischen und pflanzengeographischen Verhältnisse jenes Theiles belehren wollen, wird sie ein guter Rathgeber sein.

H. Ross.

Grecescu, D., Conspectul florei romaniei. Bei Friedländer & Sohn, Berlin 1898.

Das vorliegende Werk gibt in seinem ersten Theile zunächst einen Ueberblick der verschiedenen Abtheilungen und Familien der höheren Pflanzen und dann eine ausführliche Uebersicht der in Rumänien wild wachsenden Phanerogamen und Gefässkryptogamen an der Hand des De Candolle'schen Systems. Ausser den lateinischen Namen sind alle Angaben in rumänischer Sprache, woraus sich schon ergibt, dass das Buch in erster Linie für den engeren Kreis der in dem Gebiete thätigen Botaniker bestimmt ist. Litteraturcitate sind sehr reich; Beschreibungen fehlen gänzlich oder sind nur auf die Gruppen, Sektionen u. s. w. beschränkt. Der zweite Theil behandelt die pflanzengeographischen Verhältnisse. Es werden die einzelnen Zonen genau beschrieben und mehrfach ausführliche Listen der charakteristischen Pflanzen beigefügt.

H. Ross.

Untersuchungen zur Physiologie der pflanzlichen Organisation. Von **G. Berthold.** 1. Theil. Mit 1 lithogr. Tafel. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann. Preis 6 Mk.

Das Ziel des Werkes, von welchem zunächst der erste Theil erschienen ist, wird von dem Verf. in der Einleitung in folgender Weise dargestellt: „Die nächstliegenden Aufgaben würden somit sein, auf Grundlage physiologischer Auffassungen festzustellen hinsichtlich der Anatomie, welche Differenzirungen mit den uns zu

Gebote stehenden Hilfsmitteln überhaupt nachweisbar sind, mit Rücksicht auf die Zellen, die Gewebe und die Gewebesysteme, in welcher Reihenfolge und Anordnung sie auftreten, wie sie sich bei der Entwickelung aus einander ableiten, welches die durchlaufenen Stadien sind und in welchem Tempo diese durchlaufen werden. Der ganze modus procedendi in der Pflanze bei der Differenzirung und Entwickelung wäre also klarzulegen, und im Grossen besonders festzustellen, nach welchen Richtungen die Ausbildung vor sich geht, wo sie zuletzt sich ausgestaltet. Es sind zu untersuchen die Differenzen, welche die einzelnen Organe und ihre Theile unter einander zeigen, und besonders auch die Gleichgewichtsverhältnisse, in denen sie unter den verschiedenen Umständeu und auf den einzelnen Entwickelungsstufen zu einander stehen." Diese Forschungsrichtung (entsprechend der von den Zoologen als „Entwickelungsmechanik" bezeichneten) stellt Verf. gegenüber der (nach seiner Ansicht) den teleologischen Gesichtspunkt einseitig betonenden Schwendener's und seiner Schüler. Wie weit es ihm gelungen ist, in dieser Richtung vorzudringen, wird sich erst aus dem zweiten Theil erkennen lassen; der erste gibt eine Anzahl anatomischer Einzeluntersuchungen, in denen namentlich auch das Auftreten des „Gerbstoffs" eingehende Berücksichtigung findet. Da die mitgetheilten Einzelthatsachen das Material für die im zweiten Theile zu erwartenden allgemeinen Darlegungen bieten sollen, so wird ihre Bedeutung auch erst durch die letzteren hervortreten können. Hier sei nur kurz auf eine Bemerkung eingegangen, in der sich der Verf. gegen die vom Ref. (Organographie pag. 171) vertretene Anschauung wendet, dass bei Missbildungen und in den Gallen nichts morphologisch Neues entstehe. Berthold findet bei Missbildungen, Regenerationen, Wundheilungen gerade die umgekehrte Regel, „dass die unter solchen Umständen auftretenden Organisationsverhältnisse abnormaler Natur sind". Zunächst habe ich es betreffs der anatomischen Verhältnisse bei der Gallenbildung etc. fraglich gelassen, ob meinem Satze allgemeine Giltigkeit zukomme (vgl. die Anm. 3 a. a. O.), da das mir vorliegende Material darüber keine entscheidende Auskunft gab. Sodann wird man bei den anatomischen Verhältnissen viel schwerer als bei den morphologischen bei Missbildungen sagen können, was „neu" ist, was nicht. Denn das „Abnorme" käme meiner Auffassung nach nur durch eine andere Mengung (Kombination) des Normalen zu Stande; es entstehen dadurch Bildungen, die als solche normal nicht vorhanden sind. Eine Mittelbildung zwischen Staubblättern und Blumenblättern z. B. kommt in den meisten Blüthen (abgesehen von Fällen wie Nymphaea u. a.) nicht vor, wohl aber bei gefüllten Blüthen sehr häufig. Diese Mittelbildungen sind abnorm und scheinbar Neubildungen, aber ihrer Entstehung nach doch nichts Neues, sondern eine Mengung von Blumenblatt und Staubblatt, und zwar von Blumenblatt und Staubblatt der betreffenden Pflanze, nicht von irgend welchen anders gebauten Blumen- oder Staubblättern. Ganz ebenso kann ich mir denken, dass z. B. bei abnormen Gewebebildungen Mengungen von Sklerenchymfasern und Tracheiden oder andere Combinationen auftreten, die hier aber viel schwerer als solche erkennbar sein werden. Ebenso können die verschiedensten Hemmungen oder Wucherungen[1]) eintreten. Andererseits wäre es unberechtigt, wenn man von vornherein in Abrede stellen wollte, dass es auch „latente", bei der normalen Entwickelung gar nicht in die Erscheinung tretende Entwickelungs-

1) Es soll darauf an anderer Stelle, bei Besprechung der Missbildungen der Farne, näher eingegangen werden.

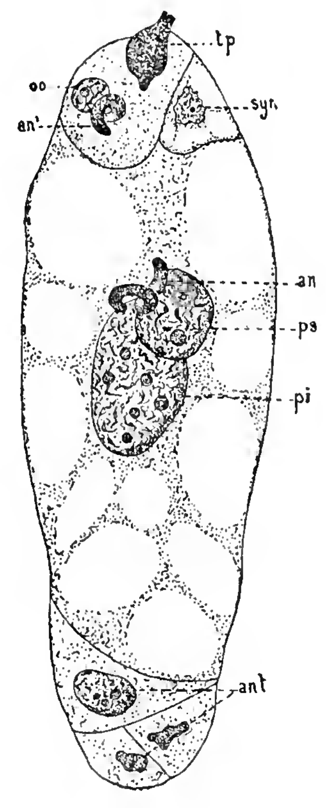
nöglichkeiten geben könne. Jedenfalls sind dies wichtige Fragen, deren Entscheilung mir aber, wie erwähnt, auf morphologischem Gebiet zunächst leichter scheint, ıls auf anatomischem.

K. Goebel.

Sur les anthérozoïdes et la double copulation sexuelle chez les végétaux angiospermes. Par M. **L. Guignard.** Révue générale de botanique T. XI pag. 129 ff.

Die Untersuchungen, über welche der Verf. hier berichtet (wie schon früher in den comptes rendus der Pariser Akademie) haben ein sehr auffallendes und unerwartetes Ergebniss gehabt. Untersucht wurde Lilium Martagon. Bekanntlich finden sich im Pollenschlauch zwei generative Zellen, von denen man bisher angenommen hatte, dass der eine zur Befruchtung der Eizelle diene, der andere zu Grunde gehe. Nach Guignard werden beide Zellkerne zu wurmförmig gekrümmten Körpern, die eine oder zwei „spiralige" Windungen aufweisen können. Er bezeichnet sie, obwohl sie keine Cilien und keine „enveloppe protoplasmique propre" haben, als Spermatozoïden (Antherozoïden). Wie die Abbildung zeigt, dringt das eine dieser „Spermatozoïden" (an^1) in die Eizelle ein. Das andere legt sich an den secundären Embryosackkern an, bei dem sich in diesem Falle die Verschmelzung der beiden Kerne, aus denen er hervorgeht, noch nicht vollzogen hat, es vereinigt sich mit diesem Kerne. Es findet also eine doppelte Copulation statt. Aber nur die von Eizelle und Spermatozoïd sei als eine sexuelle zu betrachten, weil nur erstere die reducirte Chromosomenzahl aufweist. Der secundäre Embryosackkern verhält sich wie ein vegetativer, es liegt in der Verschmelzung des Spermatozoïds mit ihm eine Art „pseudofécondation" vor. — So sehr auch der Namen des Verfassers für die Richtigkeit seiner Angaben spricht, so wird man doch andererseits weitere Untersuchungen abwarten müssen, ehe man den von ihm beschriebenen Vorgang als einen allgemein giltigen betrachten kann.

K. Goebel.



Embryosack von Lilium Martagon n. Guignard. *p* Pollenschlauch; *oo* Kern der Eizelle; *an* an^1 Spermakerne; *ps* oberer, *pi* unterer „Polkern"; *ant* Antipoden.

Eingegangene Litteratur.

Belajeff Wl., Die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den Phanerogamen und den Cryptogamen im Lichte der neuesten Forschungen. S.-A. aus dem Biol. Centralblatt Bd. XVIII Nr. 6. 1898.

Bitter G., Ueber das Verhalten der Krustenflechten beim Zusammentreffen ihrer Ränder. Zugleich ein Beitrag zur Ernährungsphysiologie der Lichenen auf anatomischer Grundlage. Mit 14 Zinkographien. S.-A. aus d. Jahrbuch für wissenschaftl. Bot. Bd. 33 Heft 1. 1898.

— — Ueber maschenförmige Durchbrechungen der unteren Gewebeschicht oder des gesammten Thallus bei verschiedenen Laub- und Strauchflechten. S.-A. aus d. Festschrift für Schwendener. Berlin, Gebrüder Bornträger, S.W., Schönebergerstr. 17a.

Buscalioni L., Un nuovo reattivo per l'istologia vegetale. Estratto dal Giornale Malpighia Anno XII Vol. XII. 1898.

— — Il nuovo microtomo „Buscalioni-Becker". Ibid.

Busse W., Studien über die Vanille. S.-A. aus d. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. XV. Berlin, Springer. 1899.

Correns C., Ueber die Vermehrung der Laubmoose durch Blatt- und Sprossstecklinge. Mit 1 Abb. S.-A. aus den Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1898. Bd. XVI.

Czapek Fr., Ueber die sog. Ligninreactionen des Holzes. S.-A. aus dem bot. Institute der Deutschen techn. Hochschule in Prag. Hoppe-Seyler's Zeitschr. f. physiolog. Chemie. Bd. XVII Heft 1 u. 2. 1899.

— — Zur Chemie der Holzsubstanz. S.-A. aus den Ber. des Deutschen naturwissenschaftl.-medicin. Vereins für Böhmen „Lotos". 1898. Nr. 7.

Davis B. M., Kerntheilung in der Tetrasporenmutterzelle bei Corallina officinalis L. var. mediterranea. Mit 2 Taf. S.-A. aus den Ber. der Deutschen bot. Ges. 1898, Bd. XVI.

Dinter A., Herbariumschlüssel, umfassend die Gefässpflanzen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz, nach neueren natürlichen Systemen bearbeitet. Strassburg, Ludolf Ben's Verlagsbuchhandlung. 1899.

Ekstam O., Einige blüthenbiologische Beobachtungen auf Spitzbergen. (Aftryk af Tromsö Museums Aarshefter 20.) 1898.

— — Beiträge zur Kenntniss der Gefässpflanzen Spitzbergens. 1898. Ibid.

— — Beiträge zur Kenntniss der Musci Novaja Semljas. Ibid.

Errera L., Hérédité d'un caractères acquis chez un champignon pluricellulaire d'après les experiences de M. le Dr. Hunger faites à l'institut botanique de Bruxelles. Extrait des Bulletins de l'Académie royale de Belgique. 1899.

Fünfstück M., Weitere Untersuchungen über die Fettabscheidungen der Kalkflechten. S.-A. aus d. Festschrift für Schwendener. Berlin, Bornträger.

Ganong W., Contributions to a knowledge of the morphology and ecology of the cactaceae: II. The comparative morphology of the embryos and seedlings. Mit 1 Doppeltaf. S.-A. Annals of Botany. Vol. XII. 1899.

Giesenhagen, Lehrbuch der Botanik. II. Auflage. Mit 528 Textabbildungen. München u. Leipzig, Dr. E. Wolff, wissensch. Verlag. 1899.

— — Eine Vorrichtung zum Filtriren von Nähragar. S.-A. aus dem Centralblatt für Bacteriologie etc. I. Abth. XXIV. Bd. 1898.

— — Ueber einige Pilzgallen an Farnen. S.-A. aus Flora 1899 Heft I.

Glück H., Entwurf zu einer vergleichenden Morphologie der Flechtenspermogonien. Mit 2 Doppeltaf. u. 50 Textfig. Heidelberg, Winter's Buchhandlung. 1899.

Grecescu, Conspectul florei Romaneici Biscuresti. 1898. (Berlin, R. Friedländer u. Sohn. Preis 12 Mk.)

Groom P., On the fusion of nuclei among plants: a hypothesis. (Botanical Society of Edinburgh. 1898.)

Haberlandt G., Ueber experimentelle Hervorrufung eines neuen Organes bei Conocephalus ovatus Préc. Festschrift für Schwendener. Berlin, Bornträger. 1899.

— — Ueber den Entleerungsapparat der inneren Drüsen einiger Rutaceen. Mit 2 Taf. S.-A. aus den Sitzungsber. der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, mathem.-naturw. Classe, Bd. CVII. 1898.

Heinricher E., Ueber die Regenerationsfähigkeit der Adventivknospen von Cystopteris bulbifera (L.) Bernhardi u. d. Cystopteris-Arten überhaupt. S.-A. aus d. Festschrift f. Schwendener. Berlin, Verlag Bornträger.

Hirasé S., Études sur la fécondation et l'embryogénie du Ginkgo Biloba. M. 3 Taf. S.-A. of the college of science, Université impériale, Tokyo, Japan. Vol. XII Tt. II. 1898.

Hitchcock A. S., Camping in Florida. Reprinted from the industralist for November 1898.

— — Studies on subterranean organs. 1. compositae of the vicinity of Manhattan, Cansas. Transactions of the academy of science of St. Louis. Vol. IX Nr. 1.

Hörmann G., Studien über die Protoplasmaströmung bei den Characeen. M. 12 Abbild. im Text. Jena, Fischer. 1898.

— — Die Continuität der Atomverkettung ein Strukturprincip der lebenden Substanz. Mit 32 Abb. Jena, Verlag Fischer. 1899.

Holmboe J., Nogle iagtlagelser over fröspredning paa ferskvandsis. 1898.

Holtermann C., Pilzbauende Termiten S.-A. aus d. Festschrift f. Schwendener. Berlin, Bornträger. 1899.

Howe M. A., Contributions from the department of botany of Columbia university. The anthocerotaceae of North-America. Mit 5 Taf. Reprinted from the bulletin of the Torrey botanical club. Vol. XXV. 1898.

Hryniewiecki B., Die Flora des Urals (gouvernement Perm, Ufa und Orenburg). S.-A. aus d. Sitzungsberichten der Naturforscher-Gesellschaft bei d. Universität Jurjew (Dorpat).

Hunger W., Ueber die Function der oberflächlichen Schleimbildungen im Pflanzenreiche. 1899. (Dissertation Jena.) Buchhandlung v. Brill, Leiden.

Janczewski E., Dwupostaciowosr grusrek. (Dimorphisme de la poire.) Extrait du Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie. 1898.

Jennings A. V. u. Henry Hanna, Corallorhiza innata R. Br. and its Mycorhiza. M. 2 Taf. S.-A. Scientific proceedings of the Royal Dublin Society. Vol. IX (N. S.) Part 1 Nr. 1. 1898.

Ikeno S., Untersuchungen über die Entwickelung der Geschlechtsorgane und den Vorgang der Befruchtung bei Cycas revoluta. Mit 3 Taf. und 2 Autotypien. S.-A. aus d. Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik Bd. 32 Heft 4.

Johow Fr., Ueber Ornithophilie in der chilenischen Flora. S.-A. aus Sitzungsberichte der Königl. Preussisch. Akd. d. Wissensch. zu Berlin. 1898.

Jost L., Ueber Blüthen-Anomalien bei Linaria spuria. Mit 7 Fig. S.-A. aus dem Biologischen Centralblatt. Bd. XIX Nr. 5 u. 6. 1899.

Kny L., Ueber den Ort der Nährstoffaufnahme durch die Wurzel. S.-A. aus d. Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1898. Bd. 16 Heft 8.

— — Ein Versuch zur Blattstellungslehre. Ibid.

Koch Dr. Alfred, Jahresbericht über die Fortschritte in der Lehre von den Gährungsorganismen. Braunschweig 1898. Harald Bruhn. VI. u. VII. Jahrg.

Kolkwitz K., Die Wachsthumsgeschichte der Chlorophyllbänder von Spirogyra. Festschr. f. Schwendener. Berlin, Verlag Bornträger.

— — Ueber die Krümmungen und den Membranbau bei einigen Spaltalgen. Mit 1 Taf. S.-A. aus d. Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1897. Bd. XV.

Lang W. H., On apogamy and the development of sporangia upon fern prothalli. M. 5 Taf. S.-A. Philosophical transactions of the royal society of London. Series B. Vol. 190. 1898.

Lawson A. A., Some observations on the development of the Karyokinetic Spindle in the Pollen-Mother-Cells of Cobaea scandens Cad. Mit 3 Taf. Reprinted from proceedings of the California Academy of Sciences. 3. Ser. Vol. I. 1898.

Legré L., La botanique en provence au XVI[e] siécle. Hugues de Solier. Marseille-typo- und lithographie Barlatier-Venture. 1899.

Lutz M. L., Recherches sur la nutrition des végétaux. S.-A. aus Annales des sciences naturelles. 8. Ser. 1898.

Mac-Millan C., The orientation of the plant egg and its ecological significance. M. 10 Fig. Reprinted from the botanical Gazette. 1898.

Massalongo, Nuovo elmintocecidio scoperto sulla Zieria julacea Schimp. Firenze 1898. Estr. della Rivista. di Patologia Vegetale ao. VII.

Meigen W., Die deutschen Pflanzennamen. Berlin. 1898. Verlag d. allgem. deutschen Sprachvereins. (Berggold.)

Meyer A., Erstes mikroskopisches Praktikum. Jena, Fischer. 1898.

Mez C, Zur Frage der fäulnissfähigen Industriewässer. S.-A. aus Zeitschrift für Gewässerkunde. 1899. Heft 1.

Millardet A., Étude des altérations produites par le phylloxéra sur les racines de la vigne. Mit 5 Taf. Extrait des actes de la sociéty Linneénne de Bordeaux. Tome LIII. 1898.

Moeller J., Nouvelles recherches sur l'origine du Storax. Mit 3 Fig. S.-A. Congrès internat. de médecine à Moscau.
Moll J. W., Einige Verbesserungen am Mikrotom Reinholt-Giltay. M. 4 Holzschn. S.-A. aus Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie u. für mikroskopische Technik Bd. XV. 1898.
Montemartini L., Cloroficee di Valtellina. S.-A. aus Istituto botanico della R. universita di Pavia.
Müller O., Kammern und Poren in der Zellwand der Bacillariaceen. Mit 2 Taf. S.-A. aus d. Bericht d. Deutschen bot. Ges. 1898. Bd. XVI Heft 10.
Murbeck S. V., Contributions à la connaissance de la flore du nord-ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie. II. Primulaceae-Labiatae. Avec 3 planches. Lund 1898. Malmström.
Nathanson A., Beiträge zur Kenntniss des Wachsthums der trachealen Elemente. M. 1 Taf. S.-A. aus d. Jahrb. f. wissensch. Botanik Bd. XXXII H. 4. 1898.
Nestler A., Ueber die durch Wundreiz bewirkten Bewegungserscheinungen des Zellkerns und des Protoplasmas. M. 1 Taf. S.-A. aus den Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, mathem.-naturw. Classe, Bd. CVII Abth. I. Juli 1898.
Nestler A., Ueber einen in der Frucht von Lolium temulentum L. vorkommenden Pilz. Mit 1 Taf. S.-A. aus d. Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1898. Bd. 16 Heft 8.
Nordhausen M., Beiträge zur Biologie parasitärer Pilze. S.-A. aus d. Jahrbüchern f. wissensch. Botanik. Bd. 33 Heft 1. 1898.
Oltmanns F., Ueber die Sexualität der Ectocarpeen. S.-A. aus Flora od. allgem. Bot. Zeitung. 1899. Heft 1.
Parkin J., On some points in the Histology of Monocotyledons. M. 1 Taf. S.-A. Botanical Laboratory, Cambridge 1898.
Pfitzer E., Beiträge zur Systematik der Orchideen. S.-A. aus Engler's bot. Jahrbüchern Bd. XXV Heft 4. 1898.
— — Der botanische Garten der Universität Heidelberg. M. 4 Gartenplänen. 2. Aufl. Heidelberg, Winter. 1898.
— — Satyrium carneum R. Br. S.-A. aus der Gartenwelt. M. 3 Abb.
— — Ueber die wissenschaftl. Grundlage der Cultur tropischer Orchideen. S.-A. aus der Gartenwelt. Berlin SW. 46. 1898.
Pirotta R. u. L. Buscallioni, Sulla presenza di elementi vascolari Multinucleati nelle Dioscoreacee. Estratto dall' Annuario dell R. Istituto Botanico di Roma. Vol. VII. 1898.
Pirotta und Longo, Anatomia vegetale. Sulla presenza e sulla forma degli stomi nel Cynomorium coccineum L. Reale accademia dei Lincei. Vol. VIII. 1899.
Poeverlein H., Die bayerischen Arten, Formen und Bastarde der Gattung Potentilla, S.-A. aus Denkschriften d. kgl. bot. Ges. in Regensburg. VII. Bd. Neue Folge. 1. Bd. 1898.
— — Die seit Prantl's „Excursionsflora für das Königreich Bayern" (1. Auflage, Stuttgart 1884) erschienene Litteratur über Bayerns Phanerogamen und Gefässkryptogamenflora. Regensburg. S.-A. aus Denkschriften d. kgl. bot. Ges. in Regensburg. VII. Bd. Neue Folge. 1. Bd. 1899.
— — Flora exsiccata Bavarica. Fasciculus Primus. Nr. 1—75. S.-A. aus Denkschriften d. kgl. bot. Ges. in Regensburg. VII. Bd. Neue Folge. 1. Bd. 2. Beilage. 1898.
Pollacci G., Intorno al metodi di ricerca microchimica des fosforo nel tessuti vegetali. M. 1 bunt. Taf. Istituto botanico della K. universita di Pavia. 1898.
Pospichal Ed., Flora des österreich. Küstenlandes. Leipzig und Wien 1898. Verlag von Franz Deuticke. Band II, 1. 8 Mk.
Ráthay E., Ueber den „Frass" von Helix hortensis auf Baumrinden. S.-A. aus der Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten Bd. VIII Heft 3. 1898.
Reinhardt M. O., Plasmolytische Studien zur Kenntniss des Wachsthums der Zellmembran. S.-A. aus der Festschrift f. Schwendener. Berlin, Verlag Bornträger.

ömer Jul., Aus der Pflanzenwelt der Burzenländer Berge in Siebenbürgen. Wien 1898. Verlag von Carl Graesser. 5 Mk.

adebeck, Die Culturgewächse der deutschen Kolonien. Jena 1898. Gustav Fischer. Broch. 10 Mk., geb. 11 Mk.

amassa P., Ueber die Einwirkung von Gasen auf die Protoplasmaströmung und Zelltheilung von Pradescantia, sowie auf die Embryonalentwickelung von Kana und Ascaris. (Vorläufige Mittheilung.) S.-A. aus den Verhandlungen des Naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. VI. Bd. 1898.

chellenberg H. C., Zur Entwickelungsgeschichte des Stammes von Aristolochia sipho L'herit. S.-A. aus d. Festschrift f. Schwendener. Berlin, Bornträger.

chiffner V., Conspectus hepaticarum archipelagi indici. Vollständige Synonymik aller bisher von den Inseln des indischen Archipels, der malayischen Halbinsel und den Inseln Penang und Singapore bekannten Lebermoose mit Angabe der Fundorte und der geographischen Verbreitung, sowie zahlreichen kritischen Bemerkungen. Batavia, Staatsdruckerei. 1898.

chimper Dr. A. F. W., Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena 1898. Verlag von Gustav Fischer. Preis broch. 27 Mk.

Schostakowitsch W., Actinomucor repens n. gen. n. sp. M. 1 Taf. S.-A. aus den Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1898 Bd. XVI Heft 7.

Schrenk H., On the mode of dinemination of Usnea barbata. Mit 1 Taf. (Trans. Acad. Sci. of St. Louis. Vol. VIII Nr. 10). 1898.

Schröder B., Planktologische Mittheilungen. S.-A. aus dem Biolog. Centralbl. Bd. XVIII Nr. 14. 1898.

Schulz A., Entwickelungsgeschichte der phanerogamen Pflanzendecke des Saalebezirkes. Halle, Tausch u. Grosse. 1898.

Schwendener S., Ueber die Contactverhältnisse der jüngsten Blattanlagen bei Linaria spuria. Mit 1 Taf. S.-A. aus d. Sitzungsber. d. kgl. preuss. Akademie d. Wissenschaften zu Berlin. 1899.

— — Ueber den Oeffnungsmechanismus der Antheren Ibid.

Scott D. H., On the structure and affinities of fossil plants from the palaezoic rocks. III. On medullosa anglica, a new representative of the cycadofilices. (From the proceedings of the royal society. Vol. 64.)

Shaw W., Ueber die Blepharoplasten bei Onoclea und Marsilia. M. 1 Taf. (Vorläufige Mittheilung.) S.-A. aus den Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1898.

— — The fertilization of Onoclea. M. 1 Taf. Annals of Botany Vol. XII Nr. XLVII. 1898.

Solereder, Systematische Anatomie der Dicotyledonen. Ein Handbuch für Laboratorien der wissenschaftlichen und angewandten Botanik. 1. Lieferung. Mit zahlreichen Abb. Stuttgart, Verlag von Ferd. Enke. 1898. 9 Mk.

Solms-Laubach H., Die Entwickelung des Ovulum und des Samens bei Rafflesia und Brugmansia. M. 1 Taf. Extrait des Annales du Jardin botanique de Buitenzorg. Supplem. II. 1898.

— — Flora von Elsass-Lothringen. S.-A. aus Das Reichsland Elsass-Lothringen. 1898.

— — Die Marchantiaceae Cleveideae und ihre Verbreitung. S.-A. aus Botanische Zeitung 1899 Heft II.

Smith E. F., Pseudomonas campestris (Pammel). — Die Ursachen der „Braun"- oder „Schwarz"-Trockenfäulniss des Kohls. S.-A. aus der Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten. 1898.

— — Botany at the anniversary Meeting of the American Association for the advancement of science. Reprinted from Science N. S. Vol. VIII. 1898.

— — Notes on Stewarts sweet-corn germ., Pseudomonas Stewarts.

— — The „little peach" disease. Reprinted from the Fennville Herald. 1898.

Steinbrink C., Ueber den hygroskopischen Mechanismus von Staubbeuteln und Pflanzenhaaren. Mit 1 Taf. S.-A. aus der Festschrift für Schwendener. Berlin, Bornträger. 1899.

Terracciano A., Note anatomo-biologiche sulla: „Aeschynomene indica L." Estratto dalle Contribuzioni alla Biologia vegetale.

Thompson Ch H., A revision of the american Lemnaceae occurring North of Mexico. M. 4 Taf. Reprinted in advance from the ninth annual report of the Missouri bot. Garden.

Tschermak E., Ueber die Bahnen von Farbstoff- und Salzlösungen in dicotylen Kraut- und Holzgewächsen. Halle 1896.

— — Ueber Veredelung und Neuzüchtung landwirthschaftlicher und gärtnerischer Gewächse. S.-A. aus d. Zeitschrift f. Naturwissenschaften, Bd. 71. 1898.

Ule E., Ueber einige neue und interessante Bromeliaceen. S.-A. aus den Ber. der Deutschen bot. Ges. 1899 Bd. 12 Heft 1. Ibid.

— — Ueber Standortsanpassungen einiger Utricularien in Brasilien. Mit 1 Taf. Ibid.

— — Beitrag zu den Blütheneinrichtungen von Aristolochia Clematitis L.

— — Ueber einen experimentell erzeugten Aristolochienbastard. Mit 1 Taf. 1899. Bd. XVII.

Volkens G., Ueber die Bestäubung einiger Loranthaceen und Proteaceen. Ein Beitrag zur Ornithophilie. S.-A. aus der Festschrift für Schwendener. Berlin, Bornträger, Schönebergerstr. 17.

De Vries H., Over het omkeeren van halve galton-curven. Overdrukt uit het Botanisch Jaarboek uitgegeven door het Kruidkundig Genootschap Dodonaea te Gent. Tiende jaargang. 1898.

Wager H., The nucleus of the yeast-plant. Mit 1 Taf. Annals of Botany. Vol. XII Nr. XLVIII. 1898.

Weisse A., Ueber das regelmässige Auftreten von Brennesseln unter den alten Eichen des Grunewalds. S.-A. aus d. Verhandlungen des bot. Vereins d. Provinz Brandenburg. XXXX. 1899.

— — Beitrag zur Entwickelungsgeschichte d. Onagraceenblüthe mit besonderer Berücksichtigung des unterständigen Fruchtknotens. S.-A. aus der Festschrift f. Schwendener. Berlin, Bornträger. 1899.

Werner Dr. C., Die Bedingungen der Conidienbildung bei einigen Pilzen. Frankfurt a. M. 1898. Druck u. Verlag v. Gebr. Knauer.

Wettstein v. K., Anton Kerner von Marilaun. S.-A. aus den Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1898 Bd. XVI.

— — Ueber die Schutzmittel der Blüthen geophiler Pflanzen. M. 2 Taf. S.-A. aus den Abhandlungen des Deutschen naturw.-medic. Vereins für Böhmen „Lotos". Bd. I Heft 2. 1898.

— — Die Innovationsverhältnisse von Phaseolus coccineus L. (= Ph. multiflorus Willd.). M. 1 Taf. u. 2 Textfig. 1898. S.-A. aus der Oesterr. bot. Zeitschrift Nr. 1.

Wettstein R. v., Der bot. Garten und das botanische Institut der k. k. deutschen Universität in Prag. S.-A. aus der Oesterreichischen bot. Zeitschrift. 1899.

Wieler A., Die Function der Pneumathoden und des Aërenchyms. M. 1 Taf. S.-A. aus den Jahrbüchern f. wissenschaftl. Botanik, Bd. XXXII Heft 3. 1898.

Wiesner J., Die Beziehungen der Pflanzenphysiologie zu den anderen Wissenschaften. Wien, Alfred Hölder. 1898.

— — Ueber Heliotropismus, hervorgerufen durch diffuses Tageslicht. S.-A. aus den Ber. d. Deutschen bot. Ges. Bd. XVI Heft 7. 1898.

Wulff Th., Studien über verstopfte Spaltöffnungen. Mit 1 Taf. S.-A. aus der „Oesterreichischen bot. Zeitschrift", 1898.

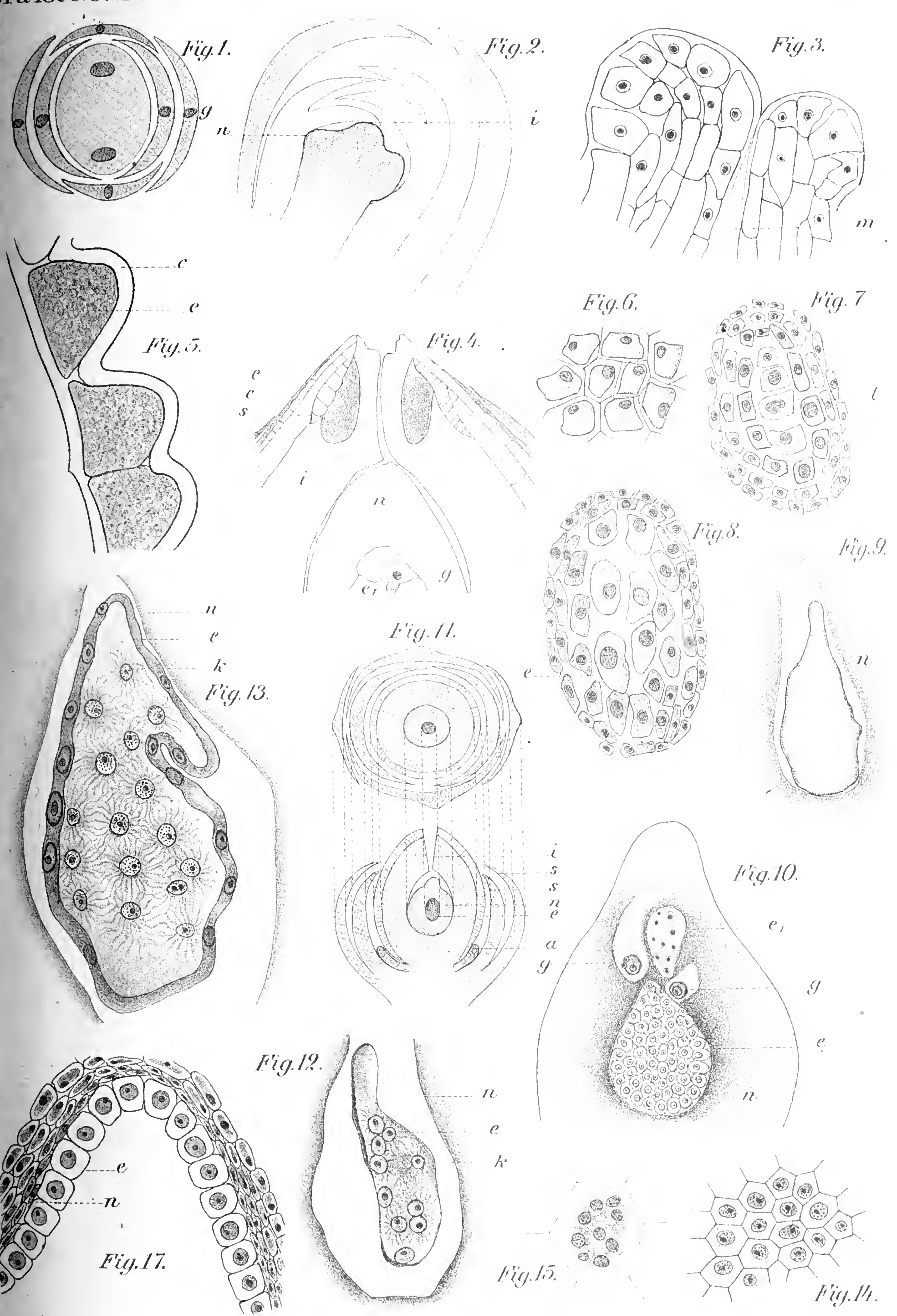
Zacharias L., Ueber Nachweis und Vorkommen von Nuclein. S.-A. aus den Ber. d. Deutschen bot. Ges. Bd. XVI Heft 7. 1898.

Zimmermann A., De Nematoden der Koppiewortels. Deel I u. II met 2 platen en 17 figuren in den text. Mededeelingen uit 'S Lands Plantentuin. XXVII. 1898. Ibid.

Zinger N., Beiträge zur Kenntniss der weiblichen Blüthen und Inflorescenzen bei Cannabineen. M. 2 Textfig. u. 4 Taf. S.-A. aus „Flora oder allg. bot. Zeitung" Bd. 85 Heft 3. 1898.

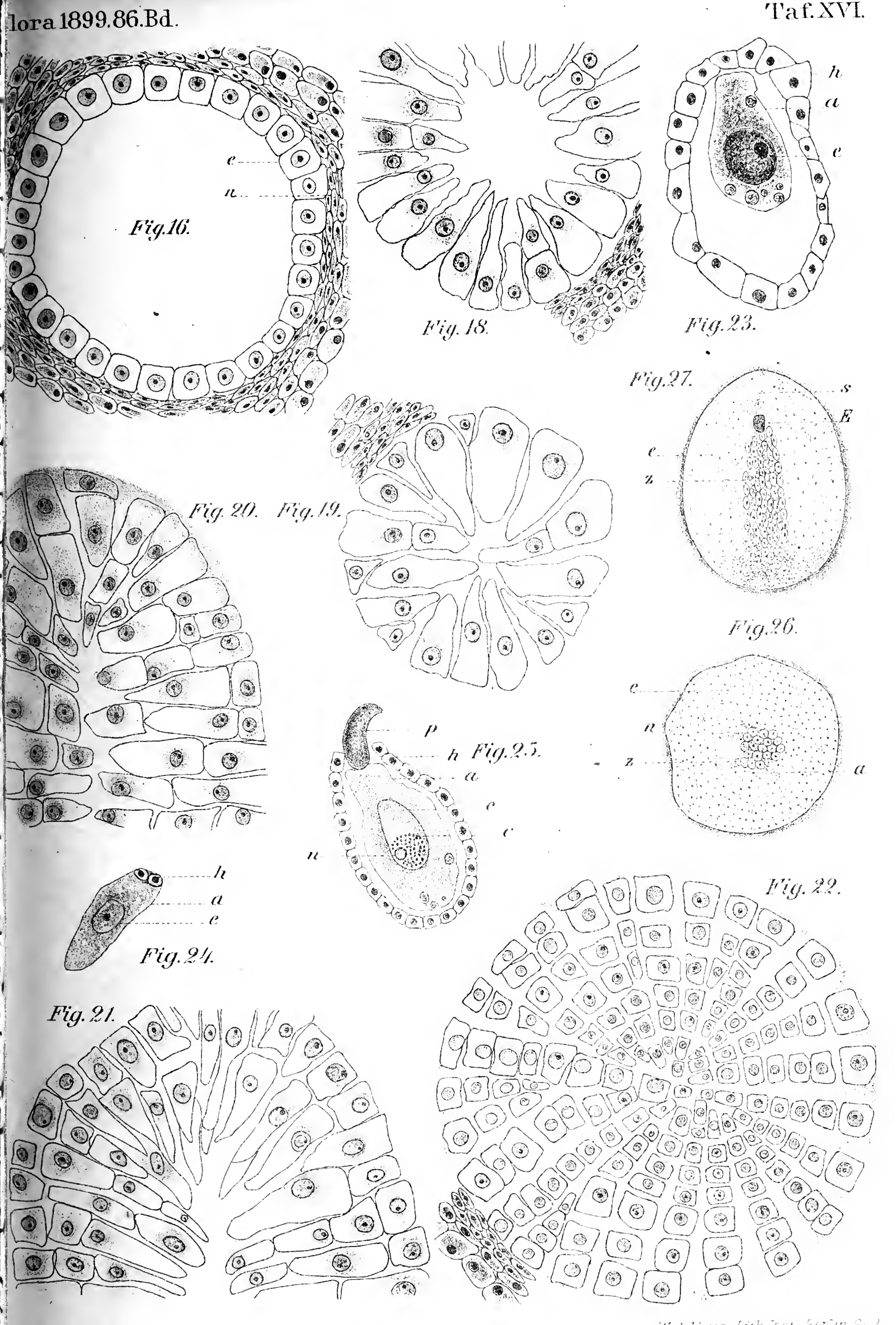




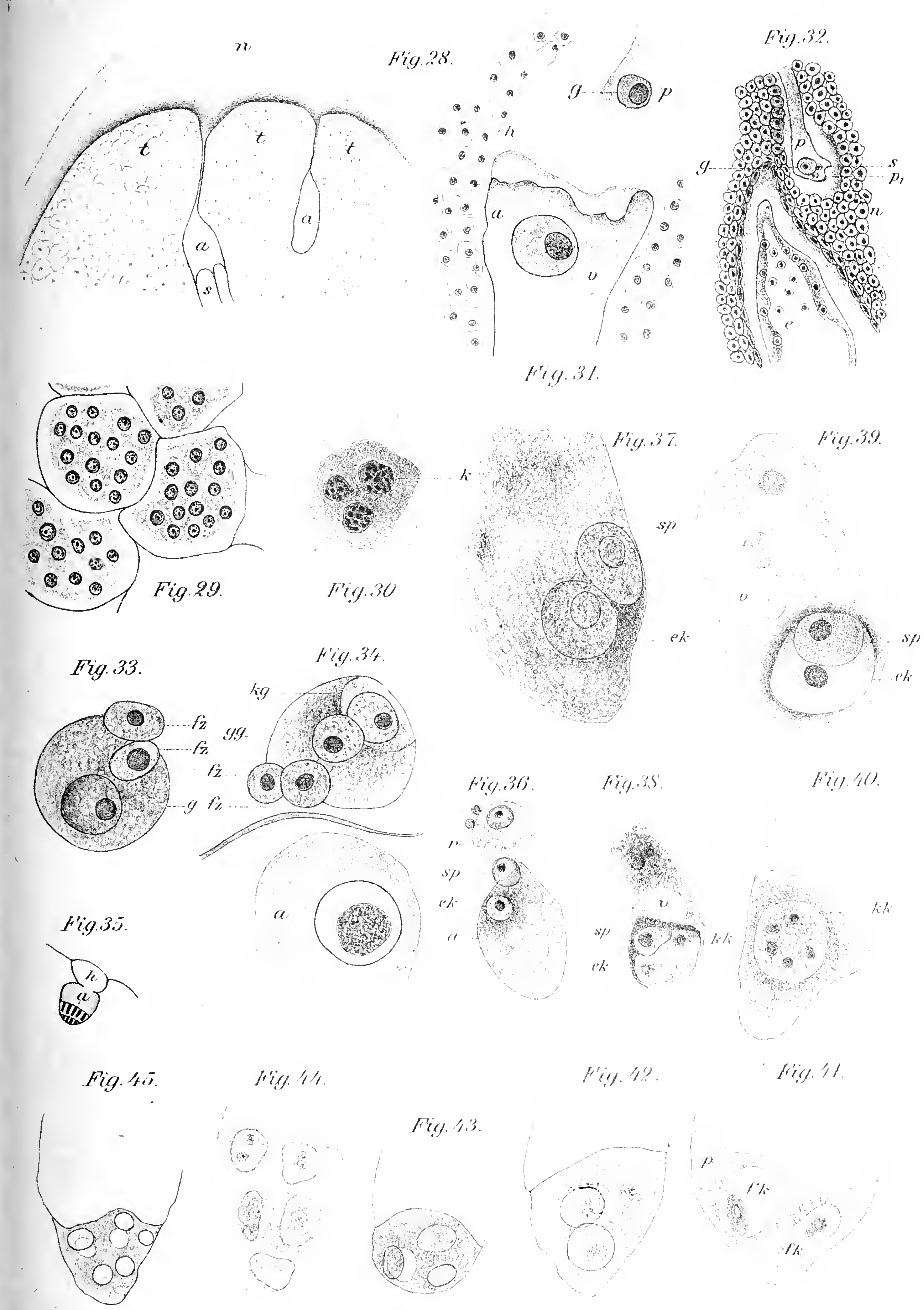


L. Jäger ad nat. del.

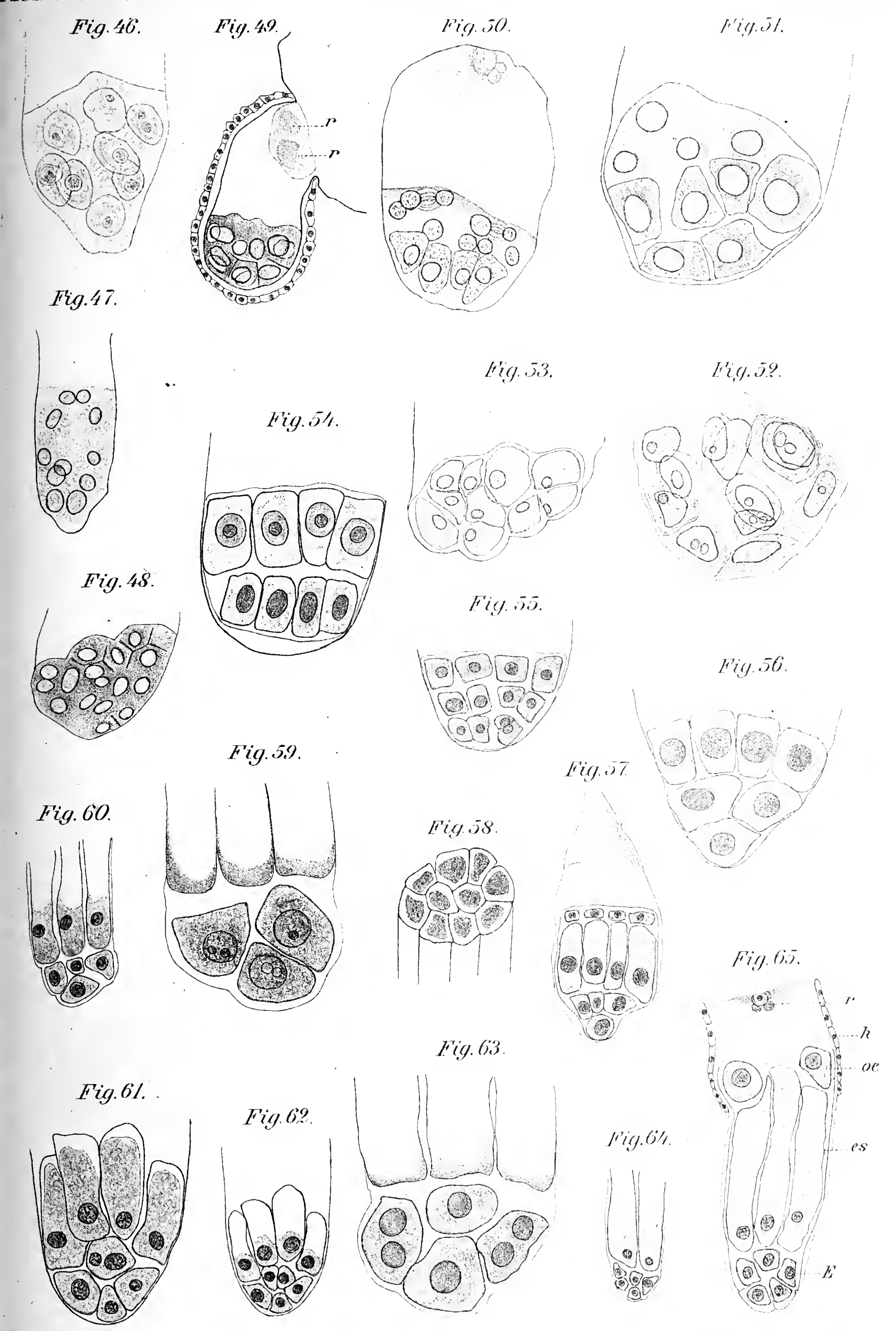
[illegible]



L. Jäger ad nat. del.

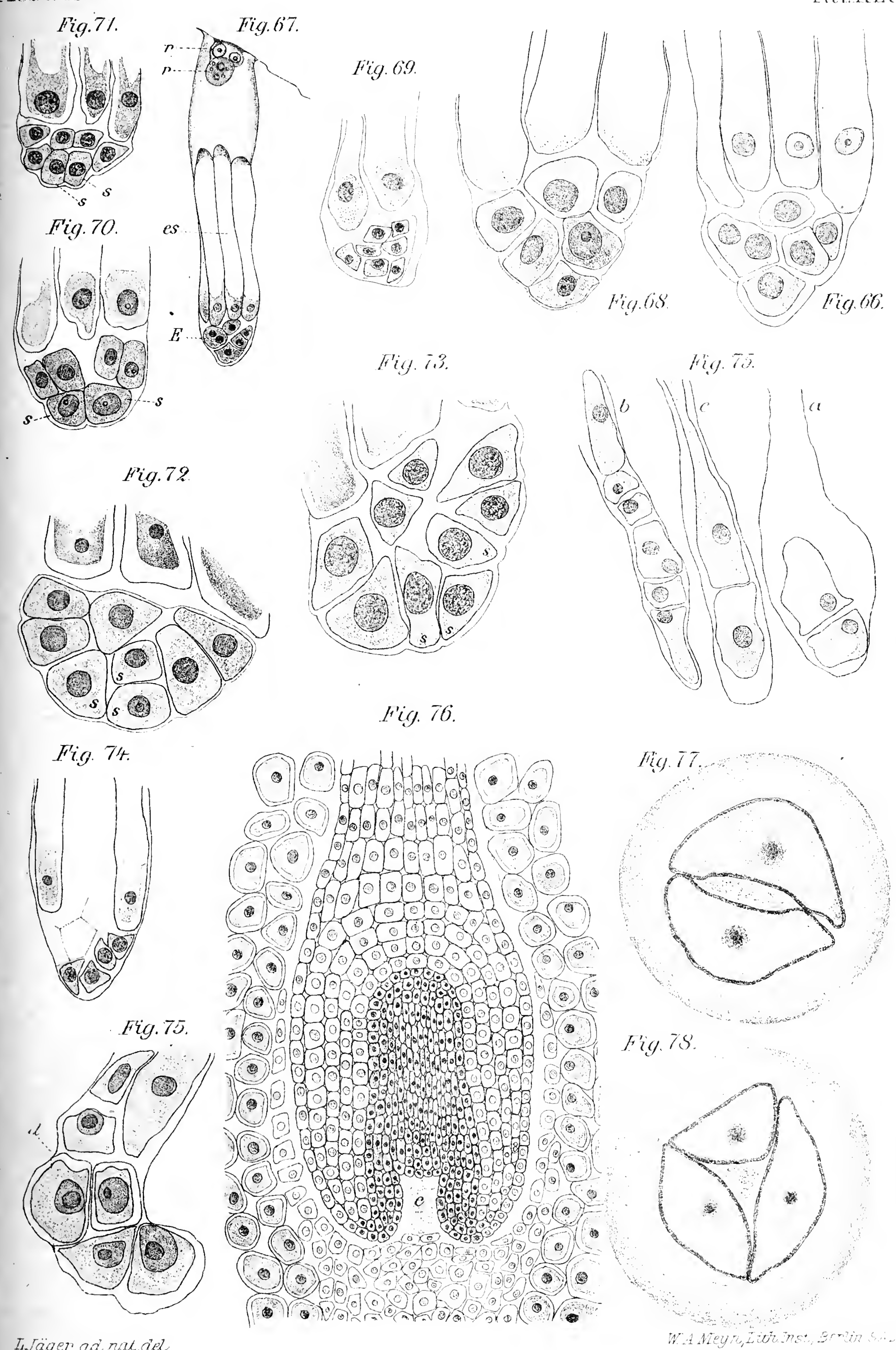


L. Jäger ad nat. del.



L. Jäger ad nat. del.

W. A. Meyn, Lith. Inst. Berlin S42.



L. Jäger ad nat. del. W. A. Meyn, Lith. Inst., Berlin S.



Beiträge zur Kenntniss der Endospermbildung und zur Embryologie von Taxus baccata L.

Von

L. Jäger.

(Arbeit aus dem botanischen Laboratorium der Universität Zürich.)

Hierzu Tafel XV—XIX.

Unsere Kenntnisse von der Entwickelungsgeschichte des Embryos und des Endosperms der Nacktsamer zeigen bekanntlich noch namhafte Lücken, obschon durch die bahnbrechenden Arbeiten von Hofmeister, Strasburger und Belajeff die Hauptumrisse eines Gesammtbildes gewonnen sind. In erspriesslicher Weise werden diese Lücken wohl nur ausgefüllt werden können, wenn passende Repräsentanten der Gymnospermen zur Gewinnung möglichst vollständiger Einzelbilder monographisch bearbeitet werden.

Jede mehr oder weniger vollständige Monographie eines Gymnospermenvertreters wird insofern ein dankbares Object sein, als sie nothwendig Klarheit über fragwürdige bisherige Anschauungen und bestimmte Antworten auf bisher unbeantwortete Fragen bringen wird. Dies waren die leitenden Gedanken, welche zum Angriff der vorliegenden Untersuchung geführt haben. Unsere Voraussetzungen erwiesen sich thatsächlich nicht als trügerische, sondern führten im Verlaufe der mühsamen Arbeit zu recht befriedigenden Ergebnissen. Die vorliegende Arbeit befasst sich in monographischer Art mit der Entwickelungsgeschichte des Embryos und des Endosperms von Taxus baccata, einer in mehrfacher Beziehung zu solcher Untersuchung einladenden Pflanze, wo es ganz besonders wünschbar schien, ein lückenloses Bild in den oben bezeichneten Entwickelungssphären zu gewinnen.

Das Material für die Untersuchung dieser so prächtigen, tiefgrünen Conifere, die leider auf den Aussterbeetat gesetzt ist, wurde theils auf dem Uetliberg (bei der sog. Faletsche), theils in Gärten und Anlagen von Zürich und Umgebung, wo sie massenhaft als Zierpflanze gezogen wird, gesammelt. Der Uetliberg ist bekanntlich einer der wenigen Standorte, wo Taxus baccata noch in grösseren Beständen wild wächst. Die Sammlungszeit erstreckt sich von Anfang März bis Anfang September.

Zu den eingehenderen Untersuchungen wurde fast ausschliesslich Material verwendet, das in Alkohol absolutus fixirt war. Die verschiedenen Entwickelungsstadien der Blüthen und Früchte wurden alle 2—5 Tage gesammelt und in Alkohol gelegt.

Das fixirte Material wurde — um die Herstellung guter Präparate zu erleichtern — in üblicher Weise in Celloidin eingebettet. Die Härtung des Celloidins geschah in einem Gemisch von 9 Theilen Glycerin und 1 Theil 70—80proc. Alkohol, eine Modification der gewöhnlichan Herstellungsmethode, die im hiesigen botanischen Laboratorium seit Jahren im Gebrauch ist. Das Celloidin wird dadurch fast so durchsichtig wie Glas und erhält einen zum Schneiden geeigneteren Härtungsgrad.

Kurz nach der eigentlichen Befruchtung der Samenknospen wird das Integument sehr hart und muss daher vor dem Einbetten der Samenknospen im Celloidin entfernt werden. Es geschieht dies am besten in der Weise, dass man die schon fixirten Samenknospen zwischen die Klammern eines Handschraubstockes bringt und die beiden Klammern etwas zuschraubt; die Samenschale ist so spröde, dass sie sofort in zwei Hälften zerspringt. Bei sorgfältiger Manipulation wird das Innere der Samenknospe durch dieses Verfahren nicht beschädigt.

Das in Celloidin eingebettete Material wurde mit freier Hand geschnitten und die Schnitte mit Hämatoxylin tingirt. Zu dieser Färbuug wurde ursprünglich die Delafield'sche Lösung verwendet, welche indessen den Kernen von Taxus und von vielen anderen Coniferen keinen schönen Farbenton verleiht. Weit bessere Resultate, was die Färbung der Kerne anbetrifft, erhielt ich mit Hämalaun, das allerdings die Zellmembranen weniger gut färbt als die Delafield'sche Hämatoxylinlösung.

Die gefärbten Schnitte wurden nach der Entwässerung in Xylol aufgehellt und in Canadabalsam eingeschlossen. Sowohl bei der Entwässerung wie bei der Aufhellung müssen besondere Vorsichtsmaassregeln getroffen werden, um einerseits eine Erweichung des Celloidins und ein dadurch bedingtes Aneinanderkleben der Schnitte, andererseits um eine Schrumpfung zu vermeiden. Man verfährt am besten so, dass die gefärbten Schnitte nach dem Auswaschen in Wasser zunächst in ca. 96proc. Aethylalkohol, dann in verschiedene Mischungsabstufungen von 96proc. Aethylalkohol und Amylalkohol und endlich durch einige Mischungsabstufungen von Amylalkohol und Xylol in reines Xylol gebracht werden.

Schwierigkeiten bereiten auch die vielen Unregelmässigkeiten und Abweichungen vom normalen Entwickelungsgang, die bei Taxus vorkommen, welche im Laufe dieser Arbeit Berücksichtigung finden werden.

Inhaltsverzeichniss.

I. Weibliche Blüthe.

1. Entstehung und Entwickelung der Blüthenknospe.

Ueber diesen Gegenstand kann ich mich kurz fassen; denn einerseits sind die Untersuchungen von Strasburger über die Blüthen der Coniferen und Gnetaceen im Allgemeinen und über die Blüthenknospe von Taxus im Speciellen ziemlich erschöpfend [1]), andererseits glaubte ich, meine Untersuchungen an Taxus hauptsächlich über die zur Zeit viel wichtiger erscheinenden Kapitel der Endospermbildung, Befruchtung und ersten Entwickelung des Embryo ausdehnen zu müssen.

Die weiblichen Blüthen von Taxus treten zum ersten Mal fürs unbewaffnete Auge deutlich Ende Februar hervor. Sie sind aber nur schwer zu unterscheiden von den vegetativen Knospen, welche die Blätter erzeugen. Einzig die gelbliche Färbung gibt uns einen Anhaltspunkt für die Blüthennatur. Die vegetativen Knospen zeigen rothbraune Färbung. Allerdings übertreffen die Blüthenknospen dann sehr bald an Grösse die vegetativen Knospen. Während dieses Stadiums der weiblichen Blüthen erkennen wir die männlichen Blüthen schon sehr gut durch ihre zu einer Kugel vereinigten gelblichen Staubblätter, die massenhaft Pollen enthalten; die Windbestäubung findet meistens Mitte März bis Anfang April statt.

1) Strasburger, Coniferen und Gnetaceen, Jena 1872, und Angiospermen und Gymnospermen, Jena 1879.

Ich lasse hier die Ausführungen Strasburger's in seinen „Angiospermen und Gymnospermen" folgen: „Das Primansprösschen bei Taxus baccata bildet zunächst zwei quer zum deckenden Laubblatt inserirte Vorblätter und auf diese folgend nach $^2/_5$ orientirte Schüppchen. Das achte oder meist erst das dreizehnte dieser Schüppchen trägt eine Achselknospe, welche den Vegetationskegel des Primansprösschens zur Seite drängt und scheinbar die Achse desselben fortsetzt. Dieses Secundansprösschen trägt drei decussirte Schuppenpaare (Fig. 1 Taf. XV) und endet mit dem terminalen Eichen. Manchmal ist auch die nächst tiefere Schuppe des Primansprösschens fertil, das Zweiglein also zweiblüthig." Letztere Erscheinung konnte auch ich sehr oft constatiren, wie auch die nachfolgende. Strasburger fährt nämlich fort: „Andererseits kann sich das Primansprösschen zu einem belaubten Zweiglein weiter entwickeln und das fertile Zweiglein zur Seite drängen."

Die ersten Anlagen der Primansprösschen habe ich nicht untersucht. Nach Strasburger verhält es sich damit folgendermassen: „Die Primansprösschen werden bereits bei Sommeranfang in den Blattachseln der jüngstentwickelten Triebe angelegt; sie bilden zunächst ihre beiden transversalen Vorblätter und dann die nach $^2/_5$ orientirten Schüppchen aus. Anfang August tritt das Secundansprösschen auf. Der Vegetationskegel desselben erscheint von Anfang an stärker als derjenige des Primansprösschens. Die drei decussirten Schuppenpaare werden rasch entwickelt." Bereits Ende Februar des folgenden Jahres übertrifft der Vegetationskegel des Secundansprösschens, jetzt Nucellus genannt, denjenigen des Primansprösschens um das 8—10fache an Grösse. Ferner fällt mir zu dieser Zeit auch auf, dass die Schüppchen schon eine ziemlich bedeutende, gelbe Cuticula aufweisen, die unter dem Mikroskop stark lichtbrechend erscheint. Auch die drei decussirten Schuppenpaare um das Secundansprösschen zeigen Cuticularisirung, doch ist dieselbe nicht so stark hier, wie bei den Schüppchen. Selbstverständlich wird diese Cuticula hier überall als Schutzmittel dienen gegen äussere Einflüsse der noch sehr empfindlichen jungen Blüthentriebe.

„Das Integument tritt dann sofort als ein rings geschlossener Wall in die Erscheinung und erhebt sich weiter als solcher, doch sind meist deutlich zwei sich gegenüberliegende, mit dem letzten Schuppenpaare alternirende Stellen des Walles etwas höher als die benachbarten entwickelt. Im Innern erhebt sich der Nucellus als unmittelbare Fortsetzung des Vegetationskegels des Sprösschens."

Fig. 2 Taf. XV zeigt den Moment, wo das Integumentum sich gerade erhebt zu beiden Seiten des Nucellus. Die Zellen desselben (hauptsächlich die äusseren) sind im optischen Schnitt ziemlich quadratisch; die Zellkerne sehr gross, fast das ganze Zellinnere ausfüllend; Integument und Nucellus mit Hämatoxylinlösung stärker gefärbt als die übrigen Theile, also plasmareicher. Und hier scheint mir gerade der Ort zu sein, hinzudeuten auf die grosse Veränderung, die dieses eine Integument im Verlaufe der weiteren Entwickelung macht. Der rings geschlossene Wall wächst bis Anfang März über den Nucellus hinweg; die oberen Ränder desselben schliessen nicht ganz zusammen, sondern lassen einen Kanal, den Mikropylengang, offen für den Durchlass der Pollenkörner. Das Pollenkorn gelangt durch diesen Mikropylengang; dann auf dem Nucellus treibt es bekanntlich erst den Pollenschlauch.[1]) Damit dieser Mikropylengang nicht in sich selbst zusammenfällt — derselbe erreicht durch das Dickerwerden des Integumentes eine ziemliche Länge — findet man immer zu beiden Seiten des Längsschnittes, d. h. rings um den Mikropylengang eine gelbe, cuticularisirte Schicht, wie sie Fig. 4 Taf. XV zeigt. Die Mikropyle öffnet sich nach oben (in den folgenden Ausführungen verstehe ich unter „oben" an der Blüthen- oder Samenknospe den Theil gegen die Mikropyle und unter „unten" den Theil gegen das Primansprösschen) mit einem ringförmigen Wulste, wie ihn Fig. 3 Taf. XV deutlich im Längsschnitt demonstrirt. In „Coniferen und Gnetaceen" schreibt Strasburger, dass nach der Bestäubung der Mikropylenkanal sich schliesse durch Anschwellung des Innenrandes, was auch sehr richtig ist. Doch kommen Ausnahmen vor: Oefters habe ich bemerken können, dass kurz vor der Befruchtung und noch nachher der Mikropylenkanal geöffnet war, wie das z. B. in Fig. 4 Taf. XV zu sehen ist. Das ursprünglich überall gleichzellige Gewebe des Integumentes lässt bereits Ende März eine Differenzirung beobachten, die während der weiteren Entwickelung immer deutlicher hervortritt: Zu äusserst haben wir eine ziemlich starke, gelb gefärbte Cuticula, welche die grosszellige Epidermis überzieht. (Siehe Fig. 5 Taf. XV.) Hierauf folgt eine Zelllage fast cubischer Zellen, die 2—3 Mal so gross sind als die Epidermiszellen; die Färbung dieser Zellen ist sehr schwach. Weiter nach innen folgt das eigentliche Integumentparenchym, das aussen

1) Siehe auch Belajeff, „Zur Lehre von den Pollenschläuchen der Gymnospermen". Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1891, Bd. IX pag. 280, und Strasburger, „Ueber das Verhalten des Pollens und die Befruchtungsvorgänge bei den Gymnospermen".

aus radial verlaufenden, gegen den Nucellus zu aus kleinen Zellen besteht und eine beträchtliche Dicke hat. Alle diese Verhältnisse zeigt Fig. 4 Taf. XV etwas schematisirt. In „Coniferen und Gnetaceen“ gibt Strasburger das weitere Verhalten dieser Integumentsschichten an: „Das kleinzellige Gewebe verholzt später und bildet die harte Samenschale (der Verf. constatirt, dass diese Verholzung immer erst nach der Befruchtung beginnt, also etwa Anfangs Juni), während die grossen cubischen Zellen sich mit einer braunrothen Flüssigkeit füllen, der Inhalt der Epidermiszellen dunkel und körnig erscheint, die Cuticularschichten sich gelb färben und zusammen eine braune, dünne Haut bilden, die sich leicht von der Fruchtschale abschaben lässt.“ Diese braune, dünne Haut ist sehr kleberig.

Das Histologische über den Nucellus will ich für den 2. Abschnitt versparen, da dasselbe doch eher dorthin gehört. In „Angiospermen und Gymnospermen“ heisst es weiter: „Ist das in Frage stehende terminale Gebilde, sowie ich es nunmehr annehme, ein Ovulum, dessen Hülle ein Integument, so wird auch der im folgenden Frühjahr sich um das Ovulum erhebende Wall nicht mehr als Cupula, sondern als äusseres Integument oder als Arillus zu deuten sein.“ Die ganz gleiche Entstehung des Arillus wie die des einen Integumentes liesse allerdings den Arillus als äusseres oder zweites Integument deuten. Dieser Arillus nimmt seine bekannte hochrothe Färbung erst im Monat September an, nachdem er vorher lange Zeit fast völlig in seiner Entwickelung stillgestanden; er ist bekanntlich geniessbar nnd wird im Herbst von Vögeln als Delicatesse aufgesucht.

Noch will ich bemerken, dass an der Grenze zwischen Nucellus und Integument und am unteren Theil des letzteren immer weissschimmernde Zellen mit eigener Membran zu sehen sind. Herr Prof. Dr. Dodel hält sie für gerbstoffhaltige Zellen.

Ueber den Gefässbündelverlauf in den Blüthenzweigen von Taxus verweise ich auf die diesbezüglichen Ausführungen Strasburger's in seinen „Coniferen und Gnetaceen“ und „Angiospermen und Gymnospermen“. Ein Beitrag dazu wurde auch geliefert von van Tieghem in seiner „Anatomie comparée de la fleure femelle et du fruit des Cycadées, des Conifères et des Gnétacées.[1])

2. Entstehung des Embryosacks.

In seinen „Angiospermen und Gymnospermen“ gibt Strasburger an, dass der vom Integumentwall umschlossene Nucellus

1) Ann. d. sciences nat. 8ème série 1869.

vornehmlich wächst durch Theilung der ersten subepidermoidalen Zelllage im ursprünglichen Vegetationskegel des fertilen Secundansprösschens, dass auch die Epidermiszellen am Aufbau des Nucellus sich betheiligen, indem sie sich durch periklin gerichtete Wände vermehren. Diese Entstehungsweise gebe dem ganzen System den Charakter eines coaxialen, indem diese Nucelluszellen in fortlaufenden Reihen angeordnet sind. Nach unten, sagt Strasburger weiter, stossen diese Zellenreihen auf ein Gewebe grosser, abgerundeter Zellen, welches aus den tiefer gelegenen Zellschichten des Vegetationskegels hervorgegangen ist. Auch der Verf. konnte alle diese verschiedenen Schichten unterscheiden. Die äusseren Zellen des Nucellargewebes sind abgeflacht, quadratisch oder rechteckig im optischen Schnitt, während die inneren vorwiegend rundlich oder unregelmässig umrissen sind (Fig. 6 Taf. XV). Auffallend ist hier auch, dass das Plasma auch im bestfixirten Material ganz von den Zellwänden sich abgelöst hat; letztere sind so fein, dass man sie leicht übersehen kann. Sehr oft liegt der Zellkern der Nucelluszellen nicht in der Mitte der Zelle, sondern am Rande. Gegen die Mitte des Nucellus sind gewöhnlich die Zellen gedrängter und viel stärker gefärbt, also plasmareicher, eine Erscheinung, welche schon Anfang März zu beobachten ist. Eine raschere Kerntheilung und das Zusammenstossen der coaxialen Zellenreihen in der Mitte mögen diese Thatsache erklärlich machen.

Bei den Präparaten, die mit Hämalaun gefärbt wurden, konnte ich Folgendes beobachten: Die Zellen des Nucellargewebes enthalten neben den Zellkernen noch deutlich kleine, blau gefärbte Körner, die jedoch viel kleiner als die Zellkerne und ebenso scharf umschrieben sind. Die Anzahl dieser blauen Körner ist nicht in allen Zellen dieselbe; sie ist verschieden je nach der Lage der betreffenden Zelle. Die Zellen des oberen Theiles des Nucellus enthalten die meisten dieser Körner; gegen unten ist eine Abnahme zu verzeichnen. Was sind diese erst durch Hämalaun blaugewordenen Körner? Beim Abschnitt über Endospermbildung werden wir sehen, dass auch in den Endospermzellen solche blau gefärbte Körner vorhanden sind. Dort hat die Untersuchung ergeben, dass man es jedenfalls mit Aleuronkörnern zu thun hat. (Das Nähere siehe in Abschnitt 3.) Diese fraglichen Körner in den Nucellarzellen dürften wohl eine analoge Function haben wie die Aleuronkörner, wenigstens zeigen sie auffallende Aehnlichkeit mit den untersuchten Gebilden der Endospermzellen. Die meisten dieser Körner finden wir kurz vor der Embryosackbildung. Mit der Embryosack- und Endospermbildung findet eine Abnahme

derselben statt und ich hege die Vermuthung, dass dieselben, nachdem sich die Archegonien gebildet haben, ganz aus den Nucelluszellen verschwunden sind. Zwei Präparate bestärken mich in dieser Vermuthung: Beim einen mit schon ziemlich grossem Endosperm sind diese Körner fast ganz verschwunden, ebenso beim anderen mit schon vorhandenen Archegonien. Also Abnahme und Verschwinden dieser Körner mit dem Heranwachsen des Embryosacks. Steht das wohl in einem Zusammenhange mit einander? Werden diese Körner als Baumaterial benützt für das sich bildende Endosperm? Diese Vermuthung liegt sehr nahe.

Schon im Jahre 1851 berichtet uns Hofmeister in seinem klassischen Werke „Vergleichende Untersuchungen höherer Kryptogamen und der Samenbildung der Coniferen“ über die Entstehung des Embryosackes bei Taxus. Er schreibt dort: „Bei Taxus sind es mehrere im Mittelpunkt des unteren Theils des Eikerns gelegene, von in schalige Schichten geordnetem Zellgewebe umgebene grössere Zellen, welche die Anlagen zu Embryosäcken darstellen. Bald nach dem Verstäuben des Pollens lockert das jene Zellen umgebende Gewebe sich auf. Es beginnt eine beträchtliche Grössenzunahme der werdenden Embryosäcke, die in vielen Fällen nur in einem derselben andauert, während die übrigen im Wachsthum zurückbleiben, verschrumpfen und gleich den aufgelockerten Zellen des umhüllenden Gewebes endlich aufgelöst und vom Embryosack verdrängt werden. Oft aber bilden sich auch zwei jener grösseren Zellen zu Embryosäcken.“ Ausführlicher und zugleich erschöpfend schreibt dann Strasburger in seinen „Angiospermen und Gymnospermen“: Die Embryosackmutterzelle resp. die Embryosackmutterzellen von Taxus gehen jedenfalls schon aus dem ersten Theilungsschritt der subepidermoidalen Schicht hervor. Diese Zellen sind freilich zunächst nicht von den benachbarten zu unterscheiden, doch finden wir sie später, wo sie sich markiren, als Endzellen der aus der subepidermoidalen Schicht hervorgegangenen Reihen. Die Embryosackmutterzellen treten erst scharf hervor nach der Bestäubung, wenn das Integument fest am Scheitel zusammenschliesst. Sie sind langgestreckt und führen mehr protoplasmatischen Inhalt als ihre Nachbarn, welche hingegen durch reichen Stärkeeinschluss ausgezeichnet sind. Eine, meist die mittlere oder auch mehrere der Mutterzellen, zerfallen nun in drei, wohl selten mehr, über einander liegende Zellen. Dann sieht man die unteren Zellen, sich vergrössernd, die beiden oberen verdrängen. Die Entwickelung des Embryosacks schreitet dann rasch weiter fort; er zerstört in dem Maasse als er wächst das Gewebe in seinem Umfang.

Leider konnte ich die eigentlichen Embryosackmutterzellen nicht beobachten; um so häufiger dann die Derivate dieser Mutterzellen, die Tochterzellen, deren eine davon den Embryosack liefert. Schon Anfang oder Mitte April kann man in dem bis dahin homogenen Nucellargewebe in der Mitte des Nucellus auf der Insertionshöhe des Integuments ein Sichlängsanordnen der Nucellarzellen bemerken, die Zellen werden länger und viel plasmareicher als die umliegenden. Unter diesen befinden sich wohl die eigentlichen Embryosackmutterzellen. Fig. 7 Taf. XV zeigt uns nun sehr deutlich die drei (oder vier?) Tochterzellen, welche durch Theilung einer mittleren Mutterzelle entstanden sind; die umliegenden sehr plasmareichen Zellen bilden einen dichten Kranz, sie sind plattgedrückt; die Tochterzellen selbst sind weniger plasmareich, weil das Plasma der einen Zelle auf drei Zellen vertheilt worden ist. Fig. 8 Taf. XV ist ein etwas weiter vorgeschrittener Zustand: jedenfalls zwei Mutterzellen sind in je drei Tochterzellen zerfallen, welche über einander liegen. Die untere Zelle der einen Reihe ist schon am grössten und zeigt neben dem Zellkern zwei Vacuolen. Sie wird jedenfalls durch Vergrösserung zum Embryosack; die anderen Zellen werden dadurch verdrängt.

Der heranwachsende Embryosack nimmt nach und nach birnförmige Gestalt an (Fig. 9 Taf. XV). Das schmälere, kegelförmig verjüngte Ende ist gegen die Mikropyle gerichtet und es findet auch hier die stärkste Auflösung des Nucellargewebes statt; der Embryosack dehnt sich überhaupt nach oben viel mehr aus als nach unten. Ich will hier auch bemerken, dass bei einem Embryosack mittlerer Grösse (wenn im Inneren schon Endosperm gebildet) das untere Ende immer noch in der Insertionshöhe des Integumentes liegt oder wenig darunter, während das obere Ende schon ziemlich gegen die Nucellusspitze (oder Knospenwarze, auf welche die Pollenkörner zu liegen kommen) gewachsen ist.

Eine Ausbildung von zwei gleichwerthigen und ebenmässig sich entwickelnden Embryosäcken bei Taxus, wie Hofmeister berichtet, habe ich bei meinen sehr zahlreichen Präparaten nie wahrgenommen; dieselbe muss jedenfalls sehr selten vorkommen. Es ist mir während der ganzen Untersuchung nur einmal begegnet, dass, während der in der Mitte gelegene Embryosack schon Endosperm zeigte, sich also normal entwickelte, ein zweiter kleiner Embryosack darüber in der Entwickelung weit zurückgeblieben war, nämlich erst freie Kerne aufwies. Wahrscheinlich würde dieser zweite Embryosack bald ganz verdrängt worden sein (Fig. 10 Taf. XV).

Ueber das merkwürdige Verhalten des Eindringens des Pollenschlauches in das Nucellargewebe und der damit zusammenhängenden Veränderungen siehe unter „Bestäubung“. Noch möchte ich auf die schematische Darstellung der Fig. 11 Taf. XV verweisen, welche uns eine klare Vorstellung der Lagerungsverhältnisse aller bis jetzt besprochenen Blüthentheile gibt.

3. Endospermbildung.

Wieder ist es Hofmeister, der schon 1851 uns über Endospermbildung bei Taxus grundlegende Mittheilungen macht. Er schreibt in seiner schon genannten Arbeit „Vergleichende Untersuchungen höherer Kryptogamen und der Samenbildung der Coniferen“ Folgendes: Der Kern der zum Embryosack bestimmten Zelle wird früh absorbirt, sie nimmt dabei gewöhnlich Flaschenform an. Bald zeigen sich in ihrem oberen Theile gleichzeitig zwei neue Kerne der die Innenwand auskleidenden Schleimschicht eingebettet. Bald treten auch im unteren Theile des jungen Embryosacks mehr und mehr Zellkerne in ähnlichen Lagenverhältnissen auf. Bei ihrem Entstehen sind sie häufig ohne Kernkörperchen, während auf späteren Altersstufen Kernkörperchen nie vermisst werden. Um jeden der der Innenwand des Embryosacks angelagerten Kerne bildet sich eine Zelle. Bald schliessen die Wände der jungen Zellen sich aneinander; so füllt sich der Embryosack mit geschlossenem Zellengewebe, ausgenommen sein verjüngtes oberes Ende, welches noch lange freischwimmende Zellkerne enthält, bis endlich auch in diese Spitze hinein die Parenchymbildung sich fortsetzt.

In Strasburger „Ueber Befruchtung und Zelltheilung“ 1877 lesen wir folgende Notiz: Der primäre Zellkern des Embryosacks wird bei den Coniferen bald aufgelöst und freie Zellen bilden sich im Wandbeleg; sie füllen, sich seitlich vereinigend und weiter durch Theilung vermehrend, alsbald den ganzen sich rasch vergrössernden Embryosack aus. Diese Notiz resümirt offenbar die Angaben in Hofmeister „Vergleichende Untersuchungen höherer Kryptogamen und der Samenbildung der Coniferen 1851“ und Strasburger „Befruchtung bei den Coniferen“ 1869. Schon 1879 berichtigt Strasburger in „Angiospermen und Gymnospermen“ die Auffassung, dass der primäre Kern des Embryosacks aufgelöst werde, indem er sagt, dass in Wirklichkeit der primäre Embryosackkern sich theile und ebenso seine Nachkommen. Diesbezügliche Figuren von Larix, Pinus Pumilio, Gnetum, Picea bestätigen diese Auffassuug. Ebenso finden wir neue

Belege dafür bei Ephedra helvetica.[1]) Fig. 8 Taf. XV zeigt uns den noch sehr kleinen Embryosack mit einem einzigen Zellkern, dem primären Embryosackkern; das Plasma ist vacuolig.

Es war mir nicht vergönnt, im jungen Embryosack die Stadien der Zwei-, Vier- und Achtkernigkeit beobachten zu können, so dass deshalb diesbezügliche Figuren fehlen. Es kommt das vielleicht daher, dass der noch sehr junge Embryosack beim Schneiden sehr leicht herausgerissen wird; wenigstens konnte ich sehr oft kleine Lücken in der Mitte des Nucellus sehen. Sehr wahrscheinlich werden auch hier die Kerne bei der Vier- oder Achtzahl vom Protoplasma, in welchem sie eingebettet sind, gegen die Embryosackmembran gezogen und werden auf diese Weise wandlagernd. Bei den folgenden Figuren, bei welchen 16- oder 32-Kernigkeit vorhanden ist, kleiden die Kerne immer die Wand des Embryosacks aus. Fig. 12 Taf. XV zeigt uns einen leider sehr stark gefalteten jungen Embryosack, bei dem ich etwa 10 freie Kerne zählen kann; in Wirklichkeit sind es wahrscheinlich 16 Kerne, also viermalige Zweitheilung des Embryosackkerns und seiner Derivate. In Fig. 13 Taf. XV haben wir einen Embryosack, bei welchem nach der fünften Zweitheilung ungefähr 32 Kerne entstanden sind. Der Embryosack ist der einen Hälfte beraubt und sehen wir noch die aufgeschnittenen Ränder. In der Mitte bemerken wir sehr deutlich die wandständigen Kerne, die ich etwas genauer beschreiben will. Dieselben sind noch ziemlich gross, trotzdem schon fünf Theilungen stattgefunden; ihr Umriss variirt zwischen Kreis und Ellipse, die Abgrenzung ist sehr scharf. Die Färbung ist nicht sehr stark. Im Innern des Kerns beobachte ich viele kleine Körnchen, die von verschiedener Grösse sind; das eine (oder mitunter auch zwei) Kernkörperchen ist von einem hellen, stark lichtbrechenden Hof umgeben, der fast nicht gefärbt erscheint; es hat excentrische Lage. Am Rande dieses Hofes ist eine Ansammlung der grösseren Körnchen. Das Protoplasma selber im Embryosack zeigt schwache Färbung, um so besser sieht man dann das sehr grobe Maschenwerk darin, welches beim ersten Anblick den Eindruck von Kernspindeln macht. Dieses Maschenwerk zeigt sich hauptsächlich zwischen den Kernen. Bei den Angiospermen ist bekanntlich dieses Maschenwerk viel feiner.

In seiner Abhandlung über Ephedra helvetica fällt es Jaccard auf, diesen freien Kernen immer unter stets gleichen Erscheinungen zu begegnen, d. h. alle getheilten Abkömmlinge des Embryosackkerns

---

1) Vgl. Paul Jaccard, Recherches embryologiques sur l'Ephedra helvetica.

in demselben Stadium der Ruhe resp. in Theilung anzutreffen. Er wirft dann die Frage auf: Zeigt nun diese Erscheinung dieselbe Regelmässigkeit und dieselben Eigenschaften bei allen Gymnospermen? Für Taxus verhält es sich folgendermassen: Bei allen jungen Embryosäcken, in welchen Zellbildung noch nicht eingetreten, konnte ich immer die freien Kerne (32 oder 64 an der Zahl) alle in demselben Zustand beobachten und zwar immer in dem oben beschriebenen Zustand der Ruhe. Die einzelnen Kerne unterschieden sich etwa nur durch ihre Form und durch die Anzahl der Nucleoli. Theilung der freien Kerne bekam ich nie zu Gesicht (konnte deshalb auch hier die Chromosomenzahl nicht bestimmen). Doch sagt schon Strasburger in „Angiospermen und Gymnospermen", dass es schwer sei, Theilungszustände dieser Kerne zu fixiren, da alle die Theilung a tempo ausführen. Also auch bei Taxus würde die oben von Jaccard erwähnte Regelmässigkeit zu constatiren sein.

Die freie Kerntheilung im Embryosackwandbelag schreitet fort; der junge Embryosack gewinnt gleichzeitig mehr und mehr an Ausdehnung; er wird „ausgespannt". Wie ich schon bemerkt, kann man schon bei 32-Kernigkeit die von Kern zu Kern sich spannenden groben Maschen (Fasern) beobachten. Bei Taxus baccata tritt dann gewöhnlich ungefähr bei 256-Kernigkeit, also nach der achten Zweitheilung, die Zellwandbildung um die bis jetzt freien Kerne ein. (Diese Vielzellbildung kann vielleicht auch schon nach der siebenten Zweitheilung eintreten.) Kurz vor dieser Zellwandbildung haben sich die Inhaltsbestandtheile des Embryosacks etwas verändert; die Kerne sind alle schön kreisrund, die Körnchen im Innern alle gleich gross geworden. Das Kernkörperchen hat den hellen, lichtbrechenden Hof um sich herum verloren; es tritt überhaupt nicht mehr so scharf hervor. Dass die Kerne kleiner geworden sind als bei Wenigkernigkeit, ist selbstredend. Die Zellwände sind in der Mitte der erwähnten Protoplasmafasern oder der Verbindungsfäden der Kerne entstanden, nachdem vorher dort die Zellplatten gebildet wurden. Diese Zellwände sind kurz nach ihrer Entstehung noch sehr zart und fein.

Die so entstandenen Zellen sind alle einkernig und haben unregelmässige, sechseckige Gestalt im optischen Schnitt.

Fig. 14 Taf. XV zeigt uns diese eben beschriebenen Verhältnisse. Sehr selten kommt es vor, dass bei der Zellwandbildung ein ganzer Haufen von Kernen in eine einzige Zelle eingeschlossen wird, wie das Fig. 15 Taf. XV illustrirt (bei Angiospermen eine nicht seltene Erscheinung). Diese Thatsache darf aber nicht mit der später zu erwähnenden

Vielkernigkeit der fertigen Endospermzellen verwechselt werden. Es kann auch die Frage aufgeworfen werden: Tritt die Zellwandbildung um alle Kerne gleichzeitig auf oder schreitet dieselbe von einem Theil des Embryosacks zum anderen? Sichere Anhaltspunkte darüber habe ich nicht finden können. Doch scheint mir das gleiche Präparat, von welchem auch Fig. 14 Taf. XV herstammt, anzudeuten, dass die Zellwandbildung vom unteren Theil des Embryosacks nach oben fortschreitet.

Die Zellwandbildung bei Taxus fiel im Untersuchungsjahre ungefähr in die Zeit zwischen dem 22. und 24. Mai; doch dürfte das je nach der Witterung des betreffenden Jahres verschieden sein.

Sind die Zellen gebildet, so ist die Embryosackwandung mit einer einzigen Schicht von Endospermzellen ausgekleidet, wie das Fig. 16 Taf. XVI auf dem Querschnitt und Fig. 17 Taf. XV auf dem Längsschnitt deutlich demonstrirt. Bei Picea wird eine doppelte Schicht von Zellen an der Embryosackwand gebildet. (Nach Strasburger.)

Nachdem die Auskleidung der Embryosackwandung vollendet ist, schickt sich jetzt der Embryosack an, auch die in seinem Innern entstandene Höhlung mit Endospermzellen auszufüllen, also die Bildung des ♀ Prothalliums resp. des späteren Nährgewebes für den Embryo weiterzuführen. Die Kerne der bis jetzt entstandenen Zellen theilen sich und auf jede Kerntheilung folgt sofort eine Zellenbildung; diese einfache Zellvermehrung schreitet fort gegen das Embryosackinnere. Die Schnitte in Fig. 16, 17, 18 bis 22 geben uns eine klare Vorstellung von der Bildung des weiblichen Prothalliums. Bei Fig. 18 Taf. XVI sehen wir keine embryosackwandständige Kernschicht mehr; die früher quadratischen oder rechteckigen Zellen (siehe Fig. 16 und 17 Taf. XVI und XV) haben ihre Grösse und ihre Gestalt enorm verändert; sie haben sich gegen das Innere des Embryosacks verlängert. Durch diese Verlängerung und dieses Hineinwachsen wird naturgemäss die Embryosackhöhlung immer kleiner, bis die Zellen in der Mitte zusammenstossen (siehe Fig. 19 Taf. XVI) und die Höhlung gänzlich verschwunden ist. Die Zellkerne haben auch ihre Lage verändert, indem sie nach innen gerutscht sind. Ihr Weg ist vorgeschrieben durch die radialen verlängerten Wände. Auf einem gewissen Stadium theilen sich dann diese Kerne karyokinetisch, es bildet sich sofort eine tangentiale Zellwand dazwischen und wir sehen jetzt zwei radial angeordnete Zellen. Fig. 18 Taf. XVI zeigt solche Stadien nebst anderen, wo der Kern noch nicht getheilt ist. Also diese Theilung tritt bei verschiedenen Kernen zu verschiedener Zeit ein. In Fig. 18 Taf. XVI sehen

wir ferner, dass im Innern noch eine Höhlung ist, indem die Zellen in der Mitte sich noch nicht gegenseitig erreicht haben. Die Zellkerne selbst zeigen bei diesen Veränderungen immer dasselbe Aussehen. Fig. 19 Taf. XVI demonstrirt das Stadium, bei welchem die verlängerten Zellen in der Mitte zusammengestossen, also die Höhlung vollständig verschwunden ist. Nicht alle Zellen sind jedoch gleich lang geworden; einige mussten ihr Wachsthum schon früh einstellen, weil kein Platz zur Entwickelung mehr da war. Die anderen Zellen waren schon alle in der Mitte zusammengestossen und hatten so die Höhlung ausgefüllt. Auch hier kann man schon wieder einige tangentiale Zellwände bemerken. Die verlängerten, radial angeordneten Zellen selbst sind sehr schwach gefärbt, also plasmaarm und stechen auffallend von den umgebenden Nucellarzellen ab, die sehr intensive Färbung zeigen. Wir haben gesehen, dass zunächst je zwei radial angeordnete Zellen entstanden sind; durch weitere Theilungen der Kerne und sofortige Zellbildung erhalten wir eine ganze Reihe radial angeordneter Zellen, alle neuen Zellwände sind tangential und so erhalten wir schliesslich Bilder, wie die Figuren 20, 21 und 22 sie liefern. In Fig. 20 Taf. XVI sehen wir diese Verhältnisse einmal auf einem Längsschnitt; wir sehen hier häufig zwei tangentiale Zellwände, mitunter nur eine oder auch gar keine. Fig. 21 Taf. XVI zeigt einen ähnlichen Längsschnitt, sehr wenig weiter entwickelt. Fig. 22 Taf. XVI ist ein weiter vorgeschrittenes Stadium; es sind hier 6—9 tangentiale Zellwände entstanden. Das Ganze bildet einen sonnenstrahlenförmigen Anblick, indem alle diese Reihen von der Mittellinie des Embryosacks, d. h. vom Mittelpunkt dieses Querschnitts ausstrahlen. Die äusseren Zellen einer Reihe sind rechteckig. Gegen die Mitte hin nehmen sie bei derselben Reihe schliesslich quadratischen Umriss an.

Das ist in kurzen Zügen die Entwickelungsgeschichte des Endosperms in seinem ersten Stadium; die weitere Entwickelung werden wir im 5. Abschnitt kennen lernen.

Es mögen zum Schlusse dieses Abschnittes einige Angaben über die Chromosomenzahl bei der Kerntheilung von Endosperm- und Nucelluszellen gemacht werden. Taxus baccata kann freilich nicht als eine für das Kerntheilungsstudium günstige Pflanze bezeichnet werden, indem die Kerne nur eine mittlere Grösse besitzen und sich im Allgemeinen nicht gut färben. Trotzdem bot sich mir die Gelegenheit, bei dem Studium meiner zahlreichen Präparate einige Kerntheilungsfiguren aufzufinden, welche als Stütze für die von Dr. Overton ausgesprochenen Sätze über die Beziehungen zwischen der Reduction

der Chromosomen und dem Generationswechsel bei den Gymnospermen dienen können. Allerdings gelang es mir nicht, die Zahl der Chromosomen bei den wahrgenommenen Kerntheilungsfiguren genau festzustellen. Das eine Präparat enthält eine Kerntheilungsfigur im Nucellus und zwar jedenfalls gerade im Stadium der Kernplatte kurz vor der Längsspaltung der Chromosomen. In dieser Figur kann ich elf Chromosomen sicher zählen und im Ganzen sind es deren vermuthlich 16 an der Zahl. — Das andere Präparat zeigt Kerntheilungsfiguren der Endospermzellen in einem früheren Stadium der Endospermentwickelung, und hier konnte sowohl Privatdocent Dr. Overton als ich constatiren, dass sehr wenige Chromosomen vorhanden sind, keinesfalls mehr als acht. In diesen Kerntheilungsfiguren waren die Chromosomen schon der Länge nach gespalten und die Tochterchromosome hatten die Pole der Theilungsfigur bereits erreicht. Also finden wir auch hier in dem Endosperm d. h. in der geschlechtlichen Generation die reducirte Anzahl der Chromosomen.

4. Bildung und Entwickelung der Archegonien.

Die Entstehung der Archegonien fällt in die Zeit, wo das Endosperm noch ziemlich klein ist, etwa auf Ende Mai oder Anfang Juni. Einzelne Zellen, die im oberen Theile des Endosperms liegen, vergrössern sich und werden plasmareicher; bei weiterer Volumzunahme werden sie schliesslich zu eigentlichen Archegonien, nachdem vorher noch eine Theilung stattgefunden. (Es kann auch vorkommen, dass gar keine Archegonien vom Endosperm gebildet werden, wie das ja häufig bei Prothallien von Kryptogamen vorkommt.) Interessant ist, dass neben erst im Entstehen begriffenen Archegonien mitunter auch schon fertig gebildete sich befinden. Die verschiedenen Archegonien ein und desselben Embryosacks sind also verschieden weit entwickelt. Ich habe Präparate, wo neben drei dicht aneinander liegenden, vergrösserten Endospermzellen auch schon drei mittelgrosse Archegonien zu sehen sind; ja, es kann sogar vorkommen, dass neben erst entstehenden Archegonien auch schon ins Endosperm eingeführte Embryonen zu finden sind. Gleichzeitig mit dem sich bildenden Archegonium erleiden auch die zunächst liegenden Endospermzellen eine Veränderung, die sich in Inhalt und Form kund gibt und sie von den anderen Endospermzellen scharf auszeichnet. Es bildet sich die Hüllschicht. Fig. 23 Taf. XVI zeigt uns dieselbe im optischen Schnitt; die sie bildenden Zellen sind kleiner und von regelmässigerer Form, als die umliegenden Endospermzellen, auch die Kerne sind deutlicher

und chromatinreicher. (Dieselben dürften jedenfalls sehr günstig für Kerntheilungsuntersuchungen sein.) Wie schon erwähnt, geht die zum Archegonium werdende Endospermzelle eine Theilung ein; dadurch zerfällt sie in die eigentliche Eizelle oder Centralzelle und in die Halszelle. Leider konnte ich den Zeitpunkt dieser Theilung nicht bestimmen. Die Halszelle zerfällt nochmals in einige Zellen, indem sich eine Scheidewand in der Richtung der Längsachse des Archegoniums bildet. (Es sind wohl zwei Scheidewände, von denen die eine nicht sichtbare parallel zur Ebene der Zeichnung verläuft. Dadurch entstehen vier in einer Ebene liegende, übers Kreuz geordnete Halszellen.) Diese Verhältnisse zeigt Fig. 24 Taf. XVI klar.

„Sehr schön und deutlich ist der centrale Kern des Eies bei Taxus zu sehen", sagt Strasburger in „Coniferen und Gnetaceen"; auch ich habe diesbezügliche sehr schöne Präparate. Fig. 25 Taf. XVI zeigt uns ein solches. Das Archegonium selbst ist langgestreckt ellipsoidisch (meistens ist es von unregelmässiger Umgebung, was wohl von der Fixirung herkommt); der Kern des Eies ist scharf umschrieben, um ihn herum bemerkt man mitunter eine sehr schöne Cytoplasmastrahlung. In seinem Innern hebt sich der Nucleolus, welcher wohl einen Krystall oder eine Vacuole einschliesst, deutlich hervor. Um diesen Nucleolus herum bemerken wir die Chromatinkörnchen; diese Körnchen sind wahrscheinlich durch Fäden mit einander verbunden oder es sind die optischen Querschnitte von dicht verschlungenen Fäden. Nicht das ganze Innere des Nucleus wird von dieser Chromatinsubstanz angefüllt, sondern nur etwa ein Drittel (mitunter gar nur ein Sechstel); wir haben also neben der Chromatinsubstanz noch eine Kernhöhle. Die Archegonien liegen normalerweise 2—3 Endospermzelllagen unter dem oberen Rand des Endosperms; wir werden im folgenden Abschnitt sehen, dass hierin eine Aenderung eintritt, indem die Archegonien später tiefer ins Endosperm zu liegen kommen. Ausnahmsweise kann auch eine in der Mitte des Endosperms sich befindliche Zelle zum Archegonium anwachsen. Ueber die Vacuolen im Archegonium will ich das Nähere in Abschnitt 5 erwähnen.

5. Endosperm und Archegonien.

Eine ganze Menge von auffallenden Erscheinungen, die hauptsächlich das Endosperm betreffen, sowie das Fehlen von genauen Details in der diesbezüglichen Litteratur mögen diesen Abschnitt rechtfertigen.

Wir haben in Abschnitt 3 das Endosperm verlassen auf dem

Stadium, wo die Embryosackhöhlung mit Endosperm erfüllt, das ♀ Prothallium demnach als compacter, grosszelliger Gewebekörper gebildet war. Damit hat aber die Entwickelung des Endosperms noch nicht aufgehört. Die bis jetzt entstandenen Endospermzellen theilen sich weiter. Diese Thatsache springt sofort ins Auge, wenn wir die Grösse des Endosperms unmittelbar nach der Entstehung des ♀ Prothalliums vergleichen mit viel späteren Stadien, wo Embryonen schon gebildet wurden. Während im erstbeschriebenen Stadium das Endosperm vielleicht ein Sechstel des ganzen Nucellus einnimmt, füllt dasselbe später fast den ganzen Nucellus aus; nur im unteren Theil ist das Endosperm noch durch eine schmale Zone von Nucellusgewebe gegen das Integument abgesetzt. Fig. 26 Taf. XVI zeigt uns auf einem Querschnitt das weiter entwickelte Endosperm, in welchem schon Archegonien zu sehen sind. Dasselbe hätte sich hier wohl noch mehr vergrössert. In der Mitte desselben fällt sofort eine Zone von stärker gefärbten und kleineren Endospermzellen auf; auch die Zellkerne sind hier stärker gefärbt. Auf dem Längsschnitt müssen wir demnach eine gleiche Zone, in der Mittellinie des Endosperms verlaufend, erwarten. Dem ist auch so, wie Fig. 27 Taf. XVI demonstrirt. Viel deutlicher ist der Unterschied zu sehen zwischen den Zellen dieser Zone und den übrigen Endospermzellen. Die letzteren sind von ganz unregelmässiger Form, das Zellinnere sehr protoplasmaarm; im Gegensatze dazu sind die ersteren von langer, rechteckiger Form mit etwas stärkeren Zellmembranen und vor allem auch viel plasmareicher. Alles das deutet darauf hin, dass diese Zellen der Mittellinie das Produkt einer viel rascheren Kern- resp. Zelltheilung sind. Sehr wahrscheinlich ist auch, dass der durch die Embryonalschläuche ins Endosperm eingeführte Embryo diesen gewissermassen vorgezeichneten Weg in der Mittellinie benützt. Dann könnte man die Frage aufwerfen: Ist dieser „vorgezeichnete Gang“ vielleicht ein Differenzirungsprodukt infolge Reizwirkung von Seiten des Embryos? Auf Fig. 27 Taf. XVI sehen wir eine weitere auffallende Erscheinung, die allgemein auftritt. Die Endospermzellen an der Basis des Embryosacks sind viel kleiner und plasmareicher als im oberen Theil, also fanden an der Basis viel raschere und zahlreichere Kern- und Zelltheilungen statt als oben. Auch Vacuolen in den Endospermzellen fehlen nicht. Meistens ist nur eine oder es sind zwei bis drei, auf späteren Stadien auch mehrere Vacuolen vorhanden. Ihre Grösse variirt, sie treten nicht sehr deutlich auf, da der Alkohol absolutus für diese Objecte kein gutes Fixirungsmittel ist.

Wie wir schon gesehen haben, liegen die Archegonien nicht sehr tief unter dem oberen Rand des Endosperms, etwa 2—3 Endospermzelllagen tief. Bei späteren Stadien aber, wo vielleicht schon Embryonen entwickelt oder ins Endosperm eingeführt worden sind, hat sich das geändert in der gleichen Weise wie dies eine Tafel von Prof. Dr. Dodel für Pinus Laricio darstellt.[1]) Fig. 28 Taf. XVII zeigt uns die beiden Höhlungen der Archegonien; letztere selbst sind nicht mehr da. Diese Archegonien lagen hier in ziemlicher Tiefe des Endosperms und das ist nur zu erklären durch ein nachträgliches Aufwärtswachsen, durch eine nach oben gehende Wucherung des Endosperms. Wir sehen auch, dass diese nachträglich entstandenen Endospermwucherungen über den beiden Archegonienhöhlungen kanalartig zusammenschliessen; das musste natürlich so kommen, weil die Wucherung nur zwischen und neben den Archegonien sich vollziehen konnte. Die bogige Abgrenzung des Endosperms nach oben spricht weiter für diese Annahme. In den meisten Präparaten ist allerdings diese Erscheinung nicht deutlich oder gar nicht zu beobachten, da der gegen die Archegonien vordringende Pollenschlauch mancherlei Verwischungen verursacht. Sehr oft kann man später auch bemerken, dass die ursprüngliche Archegoniumhöhlung, wenn die Embryonen schon tief ins Endosperm eingeführt sind, nachträglich durch junge Endospermzellen ausgefüllt wird. Diese jüngsten Endospermzellen unterscheiden sich von den übrigen älteren sehr wesentlich durch geringere Grösse.

Nachdem Strasburger in „Zellbildung und Zelltheilung“ 1880 bei Ephedra und Corydalis in den Endospermzellen die interessante Kernvermehrung und nachherige Kernverschmelzung beschrieben, bemerkt er weiter: „Auch bei verschiedenen Coniferen hatte ich bereits Gelegenheit, zur Zeit eintretender Keimbildung ähnliche Kernvermehrung und Kernverschmelzung zu beobachten. Diese Beobachtungen bestärken mich in der Ansicht, dass Kernverschmelzungen überhaupt sehr leicht vor sich gehen können“. Fürwahr, auch Taxus bildet dafür ein klassisches Beispiel, wie wir in den folgenden Ausführungen sehen werden.

Bis Ende Juni oder Anfang Juli sind die Endospermzellen vollständig angelegt und zwar sind alle deutlich einkernig. In den ersten Tagen des Juli oder mitunter schon Ende Juni bemerkt man in einzelnen Endospermzellen zwei Zellkerne; wir haben dann also ein- und zweikernige Endospermzellen.

---

1) Siehe Dr. A. Dodel, Anatomisch-physiologischer Atlas der Botanik für Hoch- und Mittelschulen, Taf. Pinus Laricio Fol. C.

Geschieht diese Theilung indirect oder direct? Karyokinetische Theilung dieser Kerne ist wohl das wahrscheinlichere; auch Verbindungsfäden und Zellplatten werden angelegt, um sofort wieder zu verschwinden. Die Tochterkerne werden bei karyokinetischer Theilung bekanntlich regelmässig, was hier thatsächlich der Fall ist; bei der directen Kerntheilung sind die Tochterkerne sehr häufig unregelmässig. Auch Strasburger spricht bei Ephedra von karyokinetischer Kerntheilung und von angelegten Zellplatten, welch' letztere dann sofort vom umgebenden Protoplasma „verschluckt" werden. Ich habe nun allerdings auch Kerntheilungsfiguren und Zellplatten gesehen; aber es ist nicht leicht zu unterscheiden, ob diese Kerntheilungsfiguren nur eine Zweikernigkeit der Endospermzellen herbeiführen oder eine völlige Zelltheilung derselben. Die diesbezüglichen Präparate stammen vom 9. Juli; der Zeitpunkt würde also für eine Kerntheilung ohne nachherige Zelltheilung sprechen. Aber auch schon früher konnte ich Kerntheilungsfiguren in den Endospermzellen beobachten, dort handelte es sich aber wohl nur um die mit der Vermehrung der Endospermzellen verbundenen Kerntheilungen. (Siehe Näheres unter „Entstehung des Embryosacks".) Ende Mai oder Anfang Juni tritt die Befruchtung ein; die Zweikernigkeit der Endospermzellen tritt aber erst Ende Juni oder Anfang Juli auf, also nach der Befruchtung, und zwar erst, wenn schon wenigzellige Embryonen gebildet sind. Bei Ephedra dagegen spielt sich dieser Vorgang schon zur Zeit der Befruchtung ab.

In späteren Präparaten, z. B. vom 9. bis 15. Juli, haben sich nun die zwei Zellkerne weiter getheilt. Wir finden Endospermzellen, welche drei, vier, fünf, sechs, acht Kerne enthalten. Diese weiteren Theilungen sind möglicherweise direct, denn auf indirecte Kerntheilung kann directe folgen, nicht aber umgekehrt. Aber mit Achtkernigkeit hat die Kerntheilung noch keineswegs aufgehört. In Präparaten vom 19. Juli enthalten die Endospermzellen 12 Kerne. Am 28. und 30. Juli sehen wir 14 und 16 Kerne in den Endospermzellen und zwar sind diese Kerne alle sehr deutlich und scharf umschrieben (Fig. 29 Taf. XVII). Ich betone ausdrücklich, dass bei Vielkernigkeit in den Endospermzellen die Kerne relativ scharf umschrieben, sehr deutlich und kugelrund sind. Im Innern ist das meist excentrisch gelegene Kernkörperchen von einem hellen Hof umgeben neben vielen kleinen Körnchen. Das Protoplasma ist immer von der Zellwand zurückgezogen (jedenfalls nur eine Folge der Contraction beim Fixiren) und sehr vacuolig. Noch ist zu bemerken, dass die Endospermzellen ein und desselben

Embryosacks, was die Anzahl der Kerne anbetrifft, je nach der Lage sich sehr verschieden verhalten. Ich habe schon erwähnt, dass die Zellen der Mittellinie des Endosperms gegenüber den anderen Zellen verändert sind. Auch bezüglich der Anzahl der Kerne zeigen sie einen Unterschied. Während auf den Stadien vom Ende Juli die Endospermzellen mit Ausnahme derjenigen der Mittelzone 16 Kerne aufweisen, bemerken wir in den unter dem hier schon ziemlich entwickelten Embryo gelegenen Endospermzellen der Mittellinie nur ein, zwei, drei, vier oder fünf Kerne. (Auf früheren Stadien im Maximum nur ein oder zwei Kerne.) Naturgemäss wird dadurch diese Mittelzone viel weniger gefärbt und also sehr auffallend hell. Hat diese Erscheinung wohl mit der Embryoernährung etwas zu thun?

Wir verfolgen die Kerne weiter und constatiren folgende interessante Thatsachen. Ungefähr Ende August sind die Kerne in den Endospermzellen verändert, sowohl was Gestalt, als auch was Grösse und Zahl anbetrifft. Die Zellen unter und um den Embryo sind ein-, zwei- oder dreikernig, die übrigen drei- bis fünfzehnkernig: Also Abnahme der Kernzahl in den Zellen zunächst dem Embryo. Ferner sind die Kerne bedeutend kleiner als Ende Juli und ihre Contur nicht mehr kreisrund wie früher, sondern unregelmässig, zerrissen, ausgefranst. Wir haben es hier mit Degenerationserscheinungen zu thun. Anfangs September enthalten die Zellen unter dem Embryo meistens bloss einen Kern, die übrigen sechs oder weniger Kerne. Sie sind noch kleiner geworden und ihre Form ist ganz unbestimmt. Zu bemerken ist hier auch, dass die Kerne der Endospermzellen unter dem Embryo noch etwas länger ihre ursprüngliche Grösse und Gestalt beibehalten, also später degeneriren.

Die solcherart degenerirten Endospermzellkerne lagern sich jetzt in jeder Zelle zu drei oder vier Haufen zusammen, die unter dem Mikroskop als blau gefärbte Flecken erscheinen. Schliesslich verschmelzen auch noch diese drei Haufen zu einem einzigen grossen Kernfleck. Bei mehreren Schnitten konnte ich diese Verschmelzung von zwei oder drei Haufen zu einem einzigen grossen Kern direct beobachten (Fig. 30 Taf. XVII). Dieser grosse Kernfleck ist ohne scharfe Grenze; in seinem Innern beobachtet man die einzelnen kleinen verschwommenen Kerne, welche in angesammeltem Protoplasma liegen. Aufgefallen ist mir auch, dass immer die Endospermzellen, die direct an Archegonien oder Embryo angrenzen, zuerst degenerirende Zellkerne zeigen. Das dürfte wohl auf Embryowirkung zurückzuführen sein.

Noch habe ich nicht alle Inhaltsbestandtheile der Endospermzellen aufgezählt. Wie ich in „angewandte Methoden“ angegeben, ist nur ein Theil der Präparate mit Hämalaun gefärbt. In den mit letzterem Färbungsmittel behandelten Schnitten konnte ich folgende Beobachtung machen: Neben den vielen Kernen einer Endospermzelle finden sich noch intensiv blau gefärbte, fetzenartige Körnchen, die den ganzen Cytoplasmakörper der Endospermzelle durchsetzen. Stärkekörner können es nicht sein, dagegen spricht ihr Aussehen und ihre Färbung mit Hämalaun. Durch Eosinbehandlung werden sie rot gefärbt. Diese Gebilde sind wohl als Aleuronkörner zu deuten, umsomehr als einige Male sogar Globoide zu erkennen sind. (Merkwürdig ist auch, dass bei Schnitten vom gleichen Tage in den einen Präparaten diese Aleuronkörner zu sehen sind, in den anderen nicht.) Nicht in allen Zellen des Endosperms finden wir diese Aleuronkörner. Unter dem Embryo und ca. 4—5 Zelllagen um den Embryo herum zeigen die Endospermzellen keine Aleuronkörner und zwar ist die Grenze unter dem Embryo zwischen Aleuronkornhaltigen und Aleuronkornlosen sehr scharf. Dieses Feld der aleuronkornlosen Endospermzellen unter dem Embryo nimmt an Grösse zu, wenn der Embryo reifer wird. Auch hierin haben wir wohl einen Einfluss der Ernährung des Embryos zu erblicken. Alle diese Differenzirungen im Endosperm sind überall sehr leicht zu sehen, wo Embryonen vorhanden sind.

Zum Schluss mögen noch einige kurze Angaben über die Vertheilung der Nährstoffe im Endosperm folgen. Dieselben bestätigen einfach das schon Bekannte. Wir finden im Endosperm sehr viel Stärke, ebensoviel Oel und wenig Eiweiss. Die diesbezüglichen mikrochemischen Reactionen wurden alle an frischem Material ausgeführt.

Im Nachstehenden sollen hier noch ein paar Bemerkungen über einige Erscheinungen an den Archegonien folgen. In seiner „Lehre von der Pflanzenzelle“, Leipzig 1867, sagt Hofmeister: „Bis zur Erlangung der vollen Grösse enthalten die Corpuscula der Coniferen nur einen dünnen Wandbeleg aus Protoplasma, in welchem der Kern der grossen Zelle eingelagert ist. Nach Vollendung des Wachsthums der Corpuscula nimmt ihr Gehalt an Protoplasma rasch zu. Der Wandbeleg wird schnell um Vieles dicker, die Vacuole immer kleiner. Sie wird bei Abietineen und bei Taxus sehr bald in eine grössere Anzahl kleiner, kugelförmiger Vacuolen zerklüftet, die endlich völlig verschwinden.“ Auch ich konnte dieses vacuolige Plasma in den Archegonien immer beobachten. Die Vacuolen sind im optischen Schnitt

meistens kreisrund. Ihr Auftreten und Verschwinden in Archegonien verschiedener Samen ist aber sehr verschieden. Doch dominiren dieselben hauptsächlich Ende Mai und Anfang Juni, also vor und während der Befruchtung. Nach der Befruchtung ist die Archegoniumhöhlung gewöhnlich schon plasmaleer, da wahrscheinlich der Inhalt für den Embryoaufbau benützt wird. In früheren Entwickelungsstadien des Archegoniums sehen wir eine grosse Vacuole, die den Eikern gewöhnlich nach dem unteren oder oberen Theil verdrängt. Bald zerfällt diese Vacuole in zwei, vier und viele Vacuolen, welche dann undeutlicher werden. Kurz vor und während der Befruchtung ist das Archegonium ganz mit kleineren und grösseren Vacuolen erfüllt; doch scheint mir, dass im unteren Theil des Archegoniums immer mehr Vacuolen sind als im oberen.

Schon 1851 gibt Hofmeister an, dass die Zahl der Archegonien bei Taxus baccata 5—8 betrage. Ich kann das als die Normalzahl bestätigen, doch habe ich auch nicht selten 9, 10 bis 11 Archegonien zählen können. Dieselben nehmen alle möglichen Lagen, die nur denkbar sind, im oberen Theil des Endosperms ein. Mehrere Archegonien sind z. B. zu einem Bündel oder Cylinder vereinigt oder sie sind in einer Reihe angeordnet oder sie sind kranzförmig gelagert etc. Dass bei der Anlage von so viel Archegonien nicht alle vollständig sich entwickeln, sondern auf einer gewissen Entwickelungsstufe stehen bleiben, um dann zu degeneriren, liegt auf der Hand. Solche degenerirende Archegonien bieten sich oft dem Auge des Beobachters dar, nachdem sie vorher eine länglich zusammengedrückte Form angenommen. Diese Degeneration tritt auch ein, wenn keine Befruchtung stattfindet.

Fig. 31 Taf. XVII zeigt uns am oberen Theil des Archegoniums eine Einbuchtung, die ich oft beobachtet habe. Auch sind hier noch die Ueberreste des Pollenschlauches bemerkbar.

Neben dem Eikern der Eizelle finden wir immer in letzterer noch andere Einschlüsse: rundliche oder ovale Körper, die stark lichtbrechend sind. In ihrem Innern bemerkt man einen Haufen gelblicher, kleiner Körnchen, welcher fast das ganze Innere ausfüllt (Fig. 23 und 25 Taf. XVI).

II. Männliche Blüthe.

Angesichts der klassischen Abhandlungen von Belajeff „Zur Lehre von den Pollenschläuchen der Gymnospermen“ [1]) und Stras-

1) Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1891, Bd. IX pag. 280.

burger „Ueber das Verhalten des Pollens und die Befruchtungsvorgänge bei den Gymnospermen“, Jena 1892, speciell über den Pollen bei Taxus baccata, war es dem Verf. erlaubt, die Untersuchungen in diesem Gebiet kurz zu fassen. Ich hätte mich sogar damit begnügen können, einfach auf die diesbezüglichen erschöpfenden Arbeiten hinzuweisen, wenn ich nicht im Verlaufe der ganzen vorliegenden Arbeit einige wirklich nennenswerthe Beobachtungen auch in Sachen des Pollens von Taxus baccata hätte verzeichnen müssen.

Nachdem das Pollenkorn auf den Nucellus der Samenanlage gelangt ist, treibt es den Pollenschlauch und erst jetzt geht es die verschiedenen Theilungen ein, nachdem es bis jetzt als einzelliges, ungetheiltes Gebilde verharrt. In der Zeit, wo die Pollenschlauchspitze die Archegonien erreicht, sind im Pollenschlauch immer drei Gebilde wohl zu beachten: 1. die generative Zelle, 2. der Pollenschlauchkern, 3. der Stielzellkern. Diese drei Differenzirungsprodukte habe ich stets um Ende Mai in den bezüglichen Präparaten bei einander gefunden.

Fig. 32 Taf. XVII zeigt uns diese Verhältnisse. Als erstes tritt uns die generative Zelle entgegen; dieselbe imponirt durch ihre beträchtliche Grösse und durch ihre scharfe Abgrenzung gegenüber dem Cytoplasma des Pollenschlauches. Der Kern der generativen Zelle nimmt etwa $^1/_3$ des ganzen Zelllumens ein; in seinem Innern bemerken wir das sehr stark gefärbte Kernkörperchen, um den Kern herum zeigt sich eine geringe Ansammlung von Protoplasma. Der Stielzellkern ist schon an der generativen Zelle vorbeigewandert und an die vordere Seite neben den Pollenschlauchkern gelangt. Der noch sehr junge Embryosack enthält erst freie Kerne. In den meisten Präparaten ist übrigens bei diesem Stadium der Pollenschlauch selbst nicht zu sehen (siehe auch Fig. 33 Taf. XVII). Kurz vor der Befruchtung theilt sich die generative Zelle (in diesem Jahre Ende Mai oder Anfang Juni) in zwei ungleich grosse Schwesterzellen. „Zustände, welche die beiden Zellen zeigen, sind nicht eben häufig“, sagt Strasburger. Auch ich habe ein Präparat, welches diesen Theilungszustand sehr klar zeigt (Fig. 34 Taf. XVII). Den getheilten Kern der generativen Zelle sehen wir sehr scharf. Der der kleinen Zelle angehörige Kern dürfte von gleicher Grösse, wenn nicht gar etwas grösser sein als derjenige der grossen Zelle. Die Umrisse der kleinen generativen Zelle, die vom Archegonium abgekehrt ist, erkennen wir nur undeutlich; sie ist nicht so stark gefärbt, wie die grosse generative Zelle. An der Peripherie beider generativen Zellen bemerken wir eine feine radiale Streifung im Cytoplasma. Diese zwei generativen Schwester-

zellen befinden sich unmittelbar vor dem Archegonium, von welch' letzterem aber nur der Eikern deutlich zu erkennen ist (siehe auch Fig. 4 Taf. XV). Der Kern der grossen generativen Zelle, welche gegen das Archegonium gerichtet ist, wird zum eigentlichen Spermakern, denn er vollzieht bekanntlich die Befruchtung. Figuren von späteren Stadien, die wir im Abschnitt über die Befruchtung besprechen werden, zeigen uns den ins Archegonium eingedrungenen Spermakern. (Fig. 36 Taf. XVII zeigt uns eben den Uebertritt des Spermakernes in das Cytoplasma des Eies. In Fig. 37 Taf. XVII sehen wir den Spermakern mit dem Eikern in Berührung kommen. Die Fig. 38 und 39 Taf. XVII demonstriren die Verschmelzung von Sperma- mit Eikern.) In der Abhandlung „Ueber das Verhalten des Pollens und die Befruchtungsvorgänge bei den Gymnospermen“ pag. 16 sagt Strasburger, dass bei Taxus baccata der Spermakern kleiner sei als der Eikern. Dieser Grössenunterschied scheint nicht immer zu bestehen, indem bei den Fig. 36 und 37 Sperma- und Eikern ungefähr gleich gross sind. Allerdings bestätigen dann die Fig. 38 und 39 Strasburger's Ausspruch, denn hier sind die beiden Kerne sehr ungleich an Grösse. Weiter sagt Strasburger in derselben Abhandlung: „Die beiden freien Zellkerne des Pollenschlauches werden vor dem Eintritt der Befruchtung desorganisirt; ich beobachtete sie in verschiedenen Zuständen des Schwindens. Die kleine Schwesterzelle der generativen Zelle verschwindet, wie auch Belajeff angibt, erst nach der Befruchtung.“ Hier weichen meine eigenen Beobachtungen von der Strasburger'schen Darstellung beträchtlich ab. Fig. 50, 65 und 67 Taf. XVIII belehren uns nämlich eines anderen. In letztgenannten Figuren sehen wir schon den ins Endosperm eingeführten Embryo, während oben in der Archegoniumhöhlung die degenerirende Schwesterzelle der generativen Zelle und die beiden freien Zellen noch deutlich zu sehen sind. Fig. 50 Taf. XVIII zeigt den getheilten Keimkern und auch hier sind diese drei Restgebilde noch deutlich, wenn auch in Degeneration, zu sehen. Also nach der Befruchtung nicht nur Degeneration der generativen Zelle, sondern auch der beiden freien Zellkerne des Pollenschlauches.

III. Befruchtung und Embryoentwickelung.

1. Bestäubung.

Die Windbestäubung bei Taxus baccata findet Anfangs oder Mitte März statt. Die noch ungetheilten Pollenkörner kommen direct auf

den Nucellus und treiben dann den Pollenschlauch. Eine sog. Pollenkammer fehlt bei Taxus; die Pollenkörner liegen auf der Pollenwarze oder Nucellusspitze. Schon Mitte Mai beobachtet man ziemlich grosse, am vorderen Ende sehr stark verbreiterte Pollenschläuche, die eine beträchtliche Strecke in das Nucellusgewebe eingedrungen sind. Der Embryosack ist zu dieser Zeit noch sehr klein, er zeigt erst freie Kerne. Ueberhaupt ist sehr interessant zu sehen, dass der Pollenschlauch bis in die Mitte des Nucellus und noch weiter eindringt, obschon unter Umständen der Embryosack noch gar nicht vorhanden ist. Mitunter kommt es vor, dass der Pollenschlauch tief ins Endosperm hineinwächst. Bei seinem Vordringen zum Embryosack durch das Nucellusgewebe oder Endosperm hindurch löst der Pollenschlauch die angrenzenden Zellen und es entsteht auf diese Weise ein heller, lichter Gang, den ich in sehr vielen Präparaten konstatirte. Bis zu einer gewissen Tiefe geht dieser Gang gerade, um dann aber im weiteren Verlauf viele Windungen und Krümmungen zu machen und zwar nach allen Seiten des Raumes im Nucellusgewebe. In vielen Präparaten bemerke ich zwei, drei solcher Gänge, die von verschiedenen Pollenschläuchen herrühren. Anfangs Juni sehen wir bei den meisten Schnitten eine über dem Endosperm gelegene Höhlung im Nucellus, die nicht zufälliger Natur sein kann, sondern eine physiologische Bedeutung haben muss, resp. einer morphologischen Deutung fähig ist; Dr. Dodel ist der Ansicht, dass diese Höhlung mit der längeren Ruhepause in Zusammenhang steht, während welcher der Pollenschlauch nicht weiter wächst, sondern abzuwarten hat, bis das weibliche Prothallium und die Archegonien gebildet sind. Das Pollenschlauchende resorbirt die umgebenden Nucelluszellen; es entsteht dadurch diese Höhlung. Dieselbe enthält nie Endospermzellen, nur unten liegende Nucellarzellen schimmern durch. Wir haben es hier also nicht mit einem zweiten Embryosack zu thun, wie fälschlich vermuthet werden könnte. In der That wurde dann diese Auffassung dadurch bestätigt, dass ich in dieser Höhlung generative Zellen beobachtete; ja, bei zwei Präparaten konnte ich sogar in dieser Höhle den Pollenschlauch mit der generativen Zelle und den zwei freien Zellkernen sehen. Mitunter kommen zwei oder drei solcher Nucellushöhlen vor, die von mehreren Pollenschläuchen herrühren. Nach abgelaufener Ruhepause dringt der Pollenschlauch weiter vor und legt sich schliesslich an die Archegoniumhalszellen an, wenn solche noch vorhanden sind. Auch hier resorbirt er in grösserem Umkreis die Endosperm- oder Nucellarzellen, so dass wir dann immer noch eine

zweite Höhlung vor den befruchteten Archegonien antreffen (Fig. 4 Taf. XV und Fig. 35 Taf. XVII). Diese Höhlung vor dem Archegonium gab immer ein gutes Kriterium dafür ab, ob Befruchtung stattgehabt oder nicht. Sehr oft beobachtete ich zwei, drei Höhlungen vor den Archegonien, je nachdem zwei, drei Archegonien befruchtet worden. Schon Hofmeister hat letztere Thatsache bei Taxus constatirt.[1])

2. Befruchtung.

Eine Reihe von Glückszufällen erlaubte mir, die Befruchtung von Anfang bis Ende lückenlos zu verfolgen. Jedenfalls bietet Taxus baccata für derartige weitere Untersuchungen ein sehr günstiges Object. Ende Mai oder Anfang Juni erreichen die Pollenschläuche die Archegonien und legen sich an letztere an. Hofmeister sagt hierüber in „Vergleichende Untersuchungen höherer Kryptogamen und der Samenbildung der Coniferen“: „Bei Taxus zerstört der Pollenschlauch häufig den ganzen obersten Theil des Eiweisskörpers; die vier Zellen dagegen, welche das zu befruchtende Corpusculum verschliessen, drängt er zunächst nur ein Weniges auseinander, indem er einen kurzen Fortsatz zwischen ihre auseinanderweichenden Berührungskanten bis zur Aussenwand des Corpusculum treibt.“ Diesen Vorgang konnte ich nicht beobachten: der Pollenschlauch ist kurz vor der Befruchtung meistens nicht sichtbar; Fig. 4 Taf. XV und Fig. 34 Taf. XVII zeigen uns die getheilte generative Zelle mit den freien Zellkernen ohne jeglichen umschliessenden Pollenschlauch, ganz freiliegend vor dem Archegonium in der zuvor vom Pollenschlauch erzeugten Höhle. Dasselbe sehen wir bei Fig. 36 Taf. XVII. Es tritt uns hier sofort die Frage entgegen: wohin ist der Pollenschlauchinhalt gekommen? Ist derselbe von den angrenzenden Endospermzellen aufgenommen worden oder ist ein Theil desselben oder der ganze Pollenschlauchinhalt ins Ei übergegangen? Diese Fragen müssen noch näher untersucht werden. Wie schon früher erwähnt, ist es nicht unwahrscheinlich, dass die Archegonien eine Flüssigkeit ausstossen, welche als chemischer Reiz richtungsbestimmend auf den wachsenden Pollenschlauch einwirkt. Ist es vielleicht diese Flüssigkeit, welche Pollenschlauch und Pollenschlauchinhalt auflöst?

Anfang Juni oder schon Ende Mai findet die Befruchtung statt, d. h. die Verschmelzung von Sperma- und Eikern zum Keimkern.

---

1) Siehe „Vergleichende Untersuchungen höherer Kryptogamen und der Samenbildung der Coniferen“, Leipzig 1851, pag. 133.

Die Eizelle ist zu dieser Zeit schon ziemlich gross; im Embryosack finden wir noch relativ wenige, aber grosse Endospermzellen, deren Zellwände noch sehr zart sind. Bei den sehr wenigen Pollenschläuchen, die ich zu Gesicht bekam, konnte ich am Pollenschlauchende niemals Vacuolen auftreten sehen. (Die Pollenschläuche waren immer im Zustande der Degeneration.) Wie schon bemerkt, wachsen sehr oft mehrere Pollenschläuche gegen die Archegonien hin und demgemäss findet auch Befruchtung von mehreren Archegonien statt. Ich habe Schnitte, bei denen zwei, drei generative Zellen sich unmittelbar vor zwei, drei Archegonienhälsen befinden, um zu befruchten. Diese Thatsache in Verbindung mit dem Umstand, dass oft mehrere Embryonen in ein und demselben Embryosack angetroffen werden, sprechen dafür, dass oft mehrfache Befruchtung thatsächlich stattfindet. Sehr oft haben wir aber auch bei Vorhandensein mehrerer Archegonien nur Befruchtung eines einzigen Archegoniums; die nicht befruchteten Archegonien sehen wir dann in Degeneration, da sie ihren Zweck verfehlt haben. Auch bei der primären Entwickelung mehrerer Embryonen gewinnt immer einer die Oberhand, der die anderen verdrängt, die dann ebenfalls degeneriren.

Zur anschaulichen Darstellung des eigentlichen Befruchtungsaktes benützen wir die wichtigsten Figuren, welche ich mit Hilfe des Prismas von meinen diesbezüglichen Präparaten gewonnen habe.

Fig. 34 Taf. XVII zeigt uns das Archegonium kurz vor der Befruchtung. Die Grenzen der Eizelle sind verschwommen, um so schärfer ist dagegen der Eikern umschrieben; er liegt etwas über der Mitte des Archegoniums, gegen die generative Zelle zu und seitlich von der Längsachse des Archegoniums. Letzteres selbst zeigt keine Vacuolen. Die Grösse des Eikerns übertrifft die des Spermakerns wohl um das Doppelte; dagegen ist die Menge der aktiven Kernsubstanz in beiden Kernen wohl gleich gross, obgleich dieselbe im Eikern grösser zu sein scheint als im Spermakern. Im Eikern ist nämlich ein relativ grosser Nucleolus. Fig. 36 Taf. XVII zeigt uns das Stadium, wo der Spermakern ins Ei eindringt und zwar schon mit der einen Hälfte ins Cytoplasma der Eimasse eingedrungen ist. Die Eizelle ist hier deutlicher umrissen als in voriger Figur; auch der Eikern ist scharf contourirt und von viel Plasma umgeben. Er liegt hier nahe am Scheitel des Eies, so dass der Spermakern nur einen sehr kurzen Weg zurücklegen muss, um ihn zu erreichen. Das Archegonium ist hier vacuolig. Die Lage des Eikerns vor der Befruchtung ist wohl abhängig von dem Vorhandensein von Vacuolen. In Fig. 36

Taf. XVII drängen die Vacuolen den Eikern nach dem oberen Theil, während in Fig. 34 der Eikern nicht durch Vacuolen gedrängt wird, so dass er die mittlere Lage annähernd beibehalten hat. Was weiter in Fig. 36 Taf. XVII am meisten auffällt, ist die Thatsache, dass Sperma- und Eikern ungefähr gleich gross sind. Es dürfte diese Thatsache das gewichtigste Argument dafür abgeben, dass die beiden Sexualkerne an aktiver Kernsubstanz gleiche Mengen enthalten. Fig. 37 Taf. XVII illustrirt uns den Moment der Berührung von Sperma- und Eikern. Die Eizelle ist sehr undeutlich contourirt, dafür sind Sperma- und Eikern sehr scharf zu sehen. Im Eiplasma sind nur ganz kleine unscheinbare Vacuolen vorhanden. Die beiden sich berührenden Sexualkerne haben bald hernach die Basis des Archegoniums erreicht. Bei Fig. 37 haben wir anzunehmen, dass Fixirung während des Heruntersinkens beider Kerne vom oberen Theil des Archegoniums auf die Basis stattfand. Hier ist auch sehr deutlich zu sehen, dass beide Sexualkerne gleich gross sind. Welcher von ihnen der männliche oder der weibliche ist, kann deshalb nur schwer entschieden werden. Doch halte ich den oberen für den Spermakern und den unteren für den Eikern. Die Chromatinsubstanz im Innern der Kerne ist nicht deutlich differenzirt; nur die scharf contourirten Nucleoli treten hervor. Auch die Umrisse der beiden Kerne sind sehr deutlich zu sehen, weil sie scharf abgegrenzte Ränder besitzen. Um die Kerne herum zeigt sich wenig angesammeltes Cytoplasma. In Fig. 38 Taf. XVII sehen wir beide Kerne schon verschmolzen am Grunde der Eizelle liegend. Letztere ist relativ deutlich contourirt, oben scheinen noch die Halszellen vorhanden zu sein; ihre Kerne aber degeneriren rasch. Der ganze mittlere Theil des Archegoniums wird von einer grossen, etwas ovalen Vacuole eingenommen, die unmittelbar über den beiden Kernen liegt. Ei- und Spermakern liegen dicht aneinander. Der Spermakern ist deutlicher abgegrenzt als der Eikern und stärker gefärbt als letzterer. Das Innere des Eikerns sieht aus, wie wenn es vacuolig wäre, auch ist der Eikern hier auffallender Weise sehr viel grösser als der Spermakern. Die Kernkörperchen beider Kerne sind deutlich, gleich gross und ziemlich stark gefärbt. Auch Fig. 39 Taf. XVII gibt im Wesentlichen dasselbe Stadium, nur noch viel schöner. Der Befruchtungsakt ist hier tadellos fixirt. Vor dem Archegonium befindet sich die bekannte Pollenschlauchhöhle. Die hier sich noch inniger berührenden Sexualkerne sind am Grunde des Archegoniums angelangt. Die Abgrenzung beider Kerne ist aber immer noch sehr scharf zu sehen; der Spermakern ist etwas stärker gefärbt

als der Eikern. Die Nucleoli beider Kerne sind ebenfalls sehr scharf; der Nucleolus des Eikerns liegt in unmittelbarer Nähe der Kernwand des Spermakerns. Um das Ganze herum bemerken wir eine Schichte von angesammeltem Cytoplasma. Der Eikern ist auch hier grösser als der Spermakern. Das Archegonium selbst ist im mittleren Theil reich an grossen Vacuolen. Im oberen Theil sind nur noch Spuren der degenerirten freien Zellkerne des Pollenschlauches. In Fig. 40 Taf. XVII sehen wir schliesslich die Verschmelzung der beiden Sexualkerne vollständig durchgeführt, also den neu erzeugten Keimkern, der sich dann in der Folge theilt. In den wenigen Präparaten, die ich von diesem Keimkern besitze, ist der Umriss desselben entweder kreisrund oder ellipsoidisch. Der untere Theil des Archegoniums enthält eine Plasmakappe, die ziemlich stark gefärbt ist und daher scharf absteht gegen den übrigen weniger stark gefärbten Theil des Archegoniums. Die Abgrenzung zwischen beiden Theilen ist recht deutlich. In dieser dichten Plasmamasse ist immer der Keimkern eingebettet. Auch auf diesem Stadium finden wir im Archegonium mitunter noch einige kleine Vacuolen. Der Keimkern selbst hat eine scharfe Grenze („Kernwand"), ausserhalb welcher im Cytoplasma eine deutliche Strahlung bemerkbar ist. Der Keimkern ist bald mehr, bald weniger gefärbt als das umliegende Plasma. Innerhalb des Keimkerns bemerken wir nicht selten mehrere Nucleoli, die sich als runde, kleine Körperchen zu erkennen geben.

3. Theilung des Keimkerns zur Etagenbildung.

Auch bei der Embryobildung bietet Taxus baccata des Interessanten genug, speciell was die Etagenbildung anbetrifft. Sehr bemerkenswerth sind die vielen dabei vorkommenden Variationen.

Im Jahre 1867 berichtet Hofmeister in seiner „Lehre von der Pflanzenzelle" Folgendes: „In den Platten und Maschen von Protoplasma, welche die einzelnen Vacuolen in den Corpuscula umgeben und von einander trennen, treten nach Verflüssigung des primären Kerns des Corpusculum secundäre Zellkerne in verschiedener Anzahl auf, in mässiger, bis etwa acht, bei Taxus. Um solchen Kern ballt sich eine Masse lichteren Protoplasmas zu einer primordialen Zelle (einem Keimbläschen), nach deren Anlegung die noch vorhandenen Vacuolen rasch aufgezehrt werden. Die Keimbläschen schwimmen jetzt theils frei, in gleichartig feinkörnigem Protoplasma, theils sind sie der Wand des Corpusculum, insbesondere der Scheitelwölbung desselben, angeschmiegt. Nach Anlangen des Pollenschlauch-

endes am Corpusculum nimmt eines der Keimbläschen an Grösse beträchtlich zu, wandert nach der unteren Wölbung des Corpusculums, beginnt eine Zellvermehrung durch Scheidewandbildung nach bestimmter Regel, presst sich dem unteren Ende des Corpusculum fest ein, erhält feste, elastische Zellwände und wird zur Anlage des Embryo."

1872 kommt dann auch Strasburger in „Coniferen und Gnetaceen" auf dieses Hofmeister'sche Keimbläschen zu sprechen und hält dasselbe einfach für identisch mit dem primären Zellkern der Centralzelle des Archegoniums. Und doch hat Hofmeister, speciell was Taxus anbelangt, richtig gesehen, aber unrichtig gedeutet. Diese Hofmeister'schen Keimbläschen existiren, sie sind aber nicht durch Verflüssigung des primären Kerns des Corpusculum entstanden, sondern durch Theilung des Keimkerns und nachherige Zellbildung. Auch das ist theilweise richtig, wenn Hofmeister sagt, dass eines der „Keimbläschen" zur Anlage des Embryo werde; thatsächlich bildet aber nicht nur ein Keimbläschen den Embryo, sondern mehrere nehmen an dieser Bildung Theil. Das Nähere über Taxus folgt später. 1879 constatirt Strasburger auch für Ephedra altissima im Ei freie Zellbildung. Er führt aus, dass der Keimkern nach vollzogener Befruchtung in zwei, vier, acht Zellkerne sich theilt, die im Ei zerstreut sind. Die Zellbildung um diese Kerne findet dann selten schon auf die erste Zweitheilung statt; öfters folgt die Zellbildung um vier Kerne, am häufigsten um acht. Es kommen auch fünf, sechs, sieben oder mehr denn acht solcher Kerne vor. Auch Strasburger nennt die so entstandenen Zellen freie Keimzellen. Die Keimzelle treibt einseitig einen Schlauch, der die Seitenwand des Archegoniums durchbricht und vom Scheiteltheil eine kleine, inhaltreiche Zelle abgrenzt. Der Schlauch wird immer länger und führt die Endzelle in die mittleren, besonders stärkereichen Theile des Endosperms ein. Hier theilt sich die Endzelle durch eine Querwand. Auf diese Theilung folgen noch weitere Theilungen, bis schliesslich der Embryo gebildet ist. — Auch der Keimkern von Gingko biloba theilt sich frei. Doch beginnt die Theilung erst einige Monate nach der Befruchtung und wird längere Zeit fortgesetzt, so dass viele freie Kerne im Ei entstehen. Zwischen diesen Kernen bilden sich hierauf Verbindungsfäden und Scheidewände, so dass das ganze Ei auf einmal in einen vielzelligen Gewebekörper zerfällt. Hier gibt somit das Ei nur einem Embryo, bei Ephedra mehreren den Ursprung. Auch bei Picea- und Pinusarten kommt es ausnahmsweise vor, dass der die Mitte des Eies einnehmende Keimkern sich theilt; durch nochmalige Kerntheilung erhält

man dann vier freie Kerne im Ei. Diese Ausnahmsfälle erinnern ganz an Ephedra. Normaler Weise sinkt aber der Keimkern an die Basis des Eies und theilt sich hier in freie Kerne; durch nachherige Zellbildung um die Kerne bilden sich dann die drei Etagen von je vier Zellen.[1]) Ganz ähnlich verhält sich auch Juniperus. In meinen eigenen Untersuchungen über Taxus baccata werden wir analoge Thatsachen antreffen.

Auch hier bin ich in der Lage, über die ersten und weiteren Theilungen des Keimkerns lückenlose Bilder in completer Reihe vorzuführen.

Wir haben im vorigen Abschnitte den Keimkern auf jenem Stadium verlassen, wo er im untersten Theil des Archegoniums in die Plasmakappe eingebettet ist. Er ist ein wenig stärker oder schwächer gefärbt als das umliegende Plasma. Die Theilung des Keimkerns tritt immer erst dann ein, wenn derselbe auf dem Boden des Archegoniums angekommen ist, also gleich wie bei Pinus- und Piceaarten im normalen Entwickelungsgang. Fig. 41 Taf. XVII zeigt uns den in zwei freie Kerne getheilten Keimkern. Theilungsfiguren zur Ermittelung der Chromosomenzahl habe ich leider bei allen diesen Theilungen nie beobachten können. Die Kerne habe ich immer schon in fertigem Zustande angetroffen. (Nur mitunter waren die Spindelfasern noch sichtbar.) Wir sehen im unteren Theil des Archegoniums wieder die sehr plasmareiche, intensiv gefärbte Kappe, die nach allen Seiten scharf abgegrenzt ist. In diese Kappe eingebettet liegen die zwei Kerne, ebenfalls scharf umschrieben. Um letztere herum sehen wir eine Ansammlung des Protoplasmas, in welchem eine feine, vom Kern ausgehende Strahlung wahrnehmbar ist. Die Kerne selbst sind sehr gross und zeigen bedeutende Substanzarmuth. Infolge dessen nehmen sie sich wie Vacuolen im umgebenden Protoplasma aus. (Diese Uebereinstimmung in der Färbung der Kerne und des umliegenden Plasmas kommt bekanntlich auch bei Embryonen von Angiospermen vor.) Im Innern des Kernes findet sich meistens ein Kernkörperchen; es können aber auch zwei oder mehr Nucleoli auftreten. Ob die manchmal in grösserer Zahl auftretenden kleinen Körnchen auch Nucleoli sind, vermag ich nicht anzugeben. Die Form der Kerne ist verschieden; doch sind sie im Umriss meistens kreisrund oder oval. Der übrige Theil des Archegoniums ist sehr plasmaarm und unbestimmt differenzirt. Nicht selten ist um diese Zeit (wie schon früher

1) Siehe „Zellbildung u. Zelltheilung“, Strasburger, Jena 1880, pag. 46 ff.

erwähnt) über dem oberen Theil des Archegoniums noch die nicht gebrauchte generative Zelle mit den beiden vegetativen Kernen des Pollenschlauches in Degeneration zu sehen. In Fig. 42 Taf. XVII erkennen wir drei Kerne, welche nicht auf gleicher Höhe liegen. Diese Dreizahl ist entstanden, indem sich erst der eine der beiden ersten Kerne selbst wieder getheilt hat. Die Verhältnisse sind im übrigen dieselben, wie bei zwei Kernen. Die Grösse der Enkelkerne ist etwas geringer geworden, aber sie zeigen scharfe Umgrenzungen. Fig. 43 Taf. XVII: Hier haben sich die beiden ersten Kerne je einmal getheilt. Wir sehen bei dieser Figur je zwei Kerne in Paaren stehen; beim vorderen Paar beobachtet man noch die Spindelfasern. Jedenfalls haben sich die Kerne unmittelbar vor der Fixirung getheilt. Bei anderen Präparaten vom selben Stadium sieht man die Kerne nicht mehr so regelmässig in Paaren stehen, denn sie sind jedenfalls in der Protoplasmamasse, in welcher sie liegen, leicht verschiebbar. Alles andere unverändert. Fig. 44 Taf. XVII demonstrirt Sechskernigkeit. Cytoplasmastrahlung um die Kerne sehr deutlich; in den Kernen zwei und mehrere Nucleoli; zwei Kerne stehen noch paarig. Die Umgrenzung der Protoplasmamasse ist undeutlich. Die Abstände zwischen den einzelnen Kernen sind bei allen diesen Stadien sehr beträchtlich. Fig. 45 Taf. XVII zeigt die Abkömmlinge des Keimkerns in sieben freie Kerne getheilt. Wir sehen drei Mal zwei Kerne, welche gepaart stehen. Die Kerne theilen sich weiter. In Fig. 46 Taf. XVIII haben wir acht Urenkelkerne aus dem Keimkern vor uns; also die Produkte der dritten Theilung. Diese acht Kerne liegen nicht alle auf gleicher Höhe. Nur bei verschiedener Einstellung des Tubus können wir sämmtliche der Reihe nach wahrnehmen. Auch hier sehen wir die Kerne wieder in Paaren stehen. Sie sind noch relativ gross und ihre Abstände sind jetzt kleiner geworden als sie auf früheren Stadien gewesen, wie es nicht anders zu erwarten ist.

In Fig. 47 Taf. XVIII sind die Verhältnisse nicht sehr deutlich. Es kommen vielleicht 16—32 Kerne vor. Die Plasmakappe ist undeutlich abgegrenzt und es liegen die Kerne unregelmässig zerstreut im Ei. Vielleicht hat sich hier der Keimkern schon getheilt, bevor er auf dem Boden des Archegoniums angekommen. Dann hätten wir hier denselben abnormalen Fall, wie er ausnahmsweise bei Pinus- und Piceaarten auftritt und bei Ephedra normal vorkommt.

Die Theilung des Keimkerns in freie, von einander vollständig getrennte Kerne geht nicht ins Unendliche fort. Sobald eine begrenzte Anzahl von Kernen entstanden ist, hört die weitere Theilung auf.

Dann werden um die freien Kerne Zellen gebildet, so dass nachher jeder der vielen Kerne in eine Zelle eingeschlossen ist. Soweit ich es beobachten konnte, werden mindestens 16 freie Kerne immer gebildet; bei 16- oder 32-Kernigkeit tritt dann die Zellbildung ein. Wir sehen also, dass Zellbildung nie bei Zwei- oder Vier- oder Achtkernigkeit stattfindet, wie das z. B. bei Ephedra altissima der Fall ist. Bei vielen Präparaten sehe ich zwischen zwei Kernen deutlich die Kernspindeln mit einer dazu senkrecht stehenden Zellplatte; die Kernspindeln sind sehr schlank und fein. Ob aber diese Zellplatte zu einer wirklichen Zellwand wird oder ob sie als transitorische ohne Wandbildung wieder verschwindet, ist nicht zu entscheiden. Bekanntlich tritt diese transitorische Zellplatte immer bei freier Kernbildung auf. Fig. 48 Taf. XVIII gibt uns davon eine klare Vorstellung. Der Keimkern im untersten Theil des Archegoniums hat sich in 16 Kerne getheilt. Dieselben erscheinen viel kleiner als die Kerne der vorhergehenden Generationen. Zwischen zwei (zu unterst gelegenen) Kernen bemerken wir eine zarte Kernspindel; in der Mitte zwischen den beiden Kernen steht die Zellplatte senkrecht zu den Spindelfasern. Zwischen den zu oberst gelegenen Kernen können wir ebenfalls solche Zellplatten beobachten, welche die Kerne theilweise schon trennen und stellenweise je zu drei zusammenstossen. Hier ist kein Zweifel, dass nun Zellmembranbildung eintritt, während zwischen den beiden zu unterst gelegenen Kernen die Zellplatte vielleicht nur eine transitorische ist und dort erst nochmalige Kerntheilung eintritt, ehe Membranbildung stattfindet. Wir haben hier also ein Object im Uebergangsstadium zur freien Zellbildung. In Fig. 49 Taf. XVIII finden wir ein ähnliches Stadium. Es sind jedenfalls 16 Kerne vorhanden. Zwischen den untersten Kernen zeigt sich deutlich die Zellmembranbildung. Fig. 50 Taf. XVIII illustrirt ein etwas weiter vorgeschrittenes Stadium: Im untersten Theil der Plasmakappe ist die Membranbildung um die Kerne jedenfalls schon beendet; die Zellmembranen haben sich rings geschlossen. Im oberen Theil sehen wir noch freie Kerne, die zwischen sich deutlich die Spindelfasern erkennen lassen. (Im obersten Theil der übrigen Archegoniumhöhlung beobachten wir die nicht gebrauchten degenerirenden Reste des Pollenschlauchinhalts.) Die Membranbildung um die freien Kerne schreitet weiter fort, bis schliesslich alle freien Kerne in Zellen eingeschlossen sind. Die merkwürdige Abgrenzung der Kerne infolge dieser „freien“ Zellbildung zeigen uns auch die Figuren 51 und 52 Taf. XVIII.

In beiden Figuren fällt uns zuerst auf, dass zwischen den nun-

mehr gebildeten Zellen grosse Zwischenräume sind. Um jeden Kern herum bemerken wir eine Ansammlung von Cytoplasma, welche gegen die Hohlräume hin entweder durch eine Cellulosemembran oder durch eine erst im Werden begriffene Hautschichte abgegrenzt ist. Wie sind nun die vermeintlichen Hohlräume entstanden? Es ist sehr wahrscheinlich, dass dieselben nichts anderes als gequollene Membransubstanz sind. Für die nachherige Gruppirung dieser Zellen zu den Etagen wären diese gequollenen Membranen sehr geeignet, indem dieselben jedwede Verschiebung sehr leicht gestatten würden. In Fig. 51 Taf. XVIII haben wir ein etwas früheres Stadium als bei Fig. 52. Man sieht 10 Kerne, um welche die Zellen gebildet sind. Die unteren Kerne sind durch Membranen gegen die Hohlräume abgegrenzt; die oberen vier Kerne mit den zugehörigen Zellplasmen sind noch membranlos. Um alle Kerne ist das Plasma individualisirt. Fig. 52 ist nur wenig weiter entwickelt. Ich hielt diesen ganzen Zellencomplex zuerst für einen Embryo, wogegen aber folgende Momente sprechen: 1. diese 12 Zellen liegen unmittelbar unter dem oberen Rand des Endosperms und sind noch in der Archegoniumhöhlung eingeschlossen; ein 12zelliger wirklicher Embryo dagegen wäre von den Embryonalschläuchen schon tief ins Endosperm eingeführt; 2. die Kerne erscheinen etwas schwächer gefärbt als das umgebende Plasma; die wirklichen Embryozellkerne sind dagegen immer stärker gefärbt als das Zellplasma; 3. diese Kerne haben grosse Aehnlichkeit mit den freien Kernen. Es ist wohl zu bemerken, dass diese 12 Kerne nur bei verschiedener Einstellung zu sehen sind; bei den tiefer gelegenen Kernen habe ich bloss die Grenze angedeutet. Das die Kerne umgebende Cytoplasma ist peripherisch scharf abgegrenzt und es sind die Zwischenräume zwischen den benachbarten Plasmazellen beträchtlich gross, die Membransubstanzen also stark gequollen. Die Kerne, welche, wie bereits bemerkt, schwächer gefärbt sind als das umliegende Protoplasma, enthalten ein oder zwei Kernkörperchen. Die gegenseitige Lage dieser Zellen ist eine sehr verschiedene, ungeordnete. Noch einige andere Präparate zeigen dieselben Verhältnisse. Meistens sind bei 16kernigkeit die Zellen fertig gebildet, in unregelmässiger und gesetzloser Lage sich dem Beobachter repräsentirend. Fig. 53 Taf. XVIII illustrirt uns ein Stadium, bei welchem die gequollenen Membranen zwischen den Zellen weniger dick erscheinen, ein Zustand, den wir auf späteren Stadien immer antreffen.

Die Zellbildung ist damit fertig, das Resultat in der Regel ein Haufen von 10—16 Kernen. Nun haben sich die Zellen aber noch

umzuordnen zu den Etagen. Doch möchte ich zum Vornherein erwähnen, dass die Etagen nicht immer so regelmässig sind, wie es unsere nachfolgenden Figuren zeigen. Nicht ausnahmslos werden, wie wir bereits gesehen, genau 16 oder 32 Kerne resp. Zellen gebildet; die Theilungen der Kerne gehen bei öfterer Wiederholung unregelmässig vor sich. Die früheren Figuren, bei welchen wir Drei-, Sechs- und Siebenkernigkeit angetroffen, beweisen das. Wir müssen also wahrnehmen, dass sehr oft 18, 20, 25 etc. Kerne rep. Zellen entstehen, die sich dann zu den Etagen anordnen. Es ist auch nicht unwahrscheinlich, dass vor oder nach der Anordnung zu Etagen die primären Zellen sich noch theilen, wobei die Gesammtzahl vermehrt wird.

Wie dem auch sei, wir sehen schliesslich, dass die bis dahin unregelmässig gelagerten Zellen eine bestimmte Anordnung erfahren: sie lagern sich in die bekannten Etagen. Je die Hälfte oder ein Drittel aller Zellen ordnet sich mehr oder weniger regelmässig in einer und derselben Ebene an. Eine Verschiebung und Verlagerung dieser Zellen in dem weichen Milieu ist zweifelsohne sehr leicht möglich. Strasburger sagt, dass bei Taxus zwei oder drei Zelletagen vorkommen. In den meisten Fällen sind es deren zwei, allerdings gelegentlich, aber selten, auch drei. Die Fig. 54 und 55 Taf. XVIII illustriren uns diese Verhältnisse. In beiden Figuren bemerken wir helle Zwischenräume zwischen den einzelnen Zellen; die Zellen der Fig. 54 Taf. XVIII sind regelmässiger angeordnet als diejenigen in Fig. 55.

Ich werde im nächsten Abschnitt des Näheren beleuchten, dass hauptsächlich die Zellen der unteren Etage oft eine andere Lagerung haben.

4. Entwickelung des Embryos.

Wiederum war es Hofmeister, der schon 1851 speciell bei Taxus baccata und Taxus canadensis über die erste Entwickelung des Embryos berichtet und sogar diesbezügliche Figuren vorführte. Er schreibt in seinen „Vergleichende Untersuchungen höherer Cryptogamen und der Samenbilung der Coniferen“: „Im befruchteten Keimbläschen entsteht, wie bei den Abietineen, eine grosse, kugelige Tochterzelle, die der unteren Wölbung der Mutterzelle und des Corpusculum sich einpresst. Sie theilt sich mehrmals wiederholt durch Längswände, bevor sie die Zahl ihrer Zellen in Richtung der Länge vermehrt. Nicht häufig besteht der Vorkeim aus nur vier Längsreihen von Zellen,

gewöhnlich aus sechsen. (Der Verfasser der vorliegenden Monographie wird zeigen, dass es auch mehr sein können.) Bei der Längsentwickelung des Vorkeims verhalten dessen Zellreihen sich sehr verschieden. In einigen erlischt Vermehrung und Wachsthum schon sehr früh; es ist eine gewöhnliche Erscheinung, dass das obere Ende des Vorkeims einige dreiseitige, nach unten rasch sich verjüngende Zellen zeigt, welche keiner der Längsreihen angehören, die weiter abwärts den Vorkeim zusammensetzen. (Vollständig richtige Beobachtung, wie wir unten sehen werden. Der Verf.) Ganz allgemein entwickeln sich zwei oder auch bloss eine der Längsachse des Vorkeims unmittelbar angrenzende Längsreihen von Zellen stärker und vermehren ihre Zellen in der Richtung der Länge schneller als die mehr peripherischen Reihen. (Diese Erscheinung tritt uns schon bei den jüngsten Stadien des Embryos entgegen. Der Verf.) Der Vorkeim zerfällt erst spät in einfache Zellreihen und dann gewöhnlich nur theilweise. In der Regel gelangt nur eine derselben über die ersten Anfänge der Embryobildung hinaus."

1859 gibt Schacht in seinem „Lehrbuch der Anatomie und Physiologie" an, dass bei der Keimanlage von Taxus die Rosette fehle (unter Rosette versteht Schacht bei den Abietineen die oberste Zellschicht, welche im Archegonium verbleibt), und dass die Embryonalschläuche, deren Zahl hier nicht sicher bestimmt ist, direct aus dem Archegonium herauswachsen; die Embryonalschläuche eines und desselben Archegoniums bilden bei Taxus baccata insgesammt nur einen Embryo. (Wir werden unten sehen, inwieweit diese letztere Angabe richtig ist. Der Verf.)

Pfitzer erwähnt kurz in der „Vorläufigen Mittheilung", dass sich die Keimentwickelung von Taxus im Wesentlichen wie diejenige von Thuja verhalte.

Auch Strasburger berichtet uns in seinem Werk über die „Coniferen und Gnetaceen" 1872 von seinen Untersuchungen über die Keimentwickelung bei Taxus. Er constatirt, dass er die jüngsten Zustände des Keimes ziemlich verschieden von Thuja gefunden. Während nämlich bei Thuja von Anfang an nur eine Scheitelzelle an der Anlage vorhanden ist, sind es bei Taxus deren 4—6. Weiter schreibt Strasburger: „Im Ganzen besteht bei Taxus eine grosse Mannigfaltigkeit in dem Verhalten der einzelnen Zellreihen der jüngsten Anlage. Sie bestehen auch hier im Wesentlichen aus drei, zum Theil aber auch nur aus zwei Etagen. Die oberste Etage streckt sich zu den (meist sechs) Embryonalschläuchen und führt die unteren

in das Endosperm. Hierbei gewinnt schon eine der Mitte nächste die Oberhand und theilt sich sofort durch eine geneigte Wand, auf welcher dann eine entgegengesetzt geneigte folgt. Sie verhält sich nun überhaupt wie die Scheitelzelle von Thuja und bildet den Keim, während alle ihre benachbarten Schwesterzellen allmählich in dem Aufbauen der secundären Embryonalschläuche aufgehen."

Bevor ich daran gehe, meine eigenen Untersuchungen über Embryoentwickelung bei Taxus baccata niederzuschreiben, möchte ich zunächst constatiren, dass uns hier viele Abweichungen und mannigfaltige Unregelmässigkeiten begegnen, wie wir sie selten in solcher Fülle bei der Entwickelung phanerogamer Embryonen antreffen. Infolge des Eindringens mehrerer Pollenschläuche in den Scheiteltheil des Endosperms und daraus resultirender Befruchtung mehrerer Archegonien werden in den meisten Fällen auch mehrere Embryonen angelegt. Immer gewinnt aber nur einer derselben die Oberhand und verdrängt die anderen schon auf frühen Entwickelungsstufen. Es treten also Degenerationserscheinungen in Menge auf, bei welchen es manchmal schwer hält zu entscheiden, ob man es mit Normalem oder Abnormalem zu thun hat. In den folgenden Ausführungen sind alle Darlegungen, auch die Figuren, je durch eine grosse Anzahl von Präparaten belegt.

Wir haben im vorigen Abschnitt das Zweietagenstadium verlassen, wie es Fig. 54 Taf. XVIII zeigt. Die Zellen der oberen Etage sind bedeutend grösser als die der unteren. Sie haben sich auch schon etwas in die Länge gestreckt. Die vier Zellen der unteren Etage, die hier im optischen Schnitt zu sehen sind, zeigen regelmässige Lagerung neben einander. Wie ich noch am Schlusse des vorigen Abschnittes bemerkt habe, treffen wir meistens auf ganz wenig weiter entwickelten Stadien eine andere Anordnung der Zellen dieser unteren Etage. Die äusserst leichte Verschiebbarkeit dieser Zellen in der gequollenen Membransubstanz mag das erklärlich machen.

Fig. 56 Taf. XVIII gibt uns davon eine klare Vorstellung: die Zellen der oberen Etage sind auch hier schon etwas langgestreckt und nach unten etwas verjüngt; Zellkerne gross. Die untere Etage zeigt eine ganz andere unregelmässige Zellanordnung; im optischen Schnitt beobachten wir drei Zellen. Die vielen Präparate, die ich von diesem Stadium der ersten Streckung in den Zellen der oberen Etage zur Bildung der Embryonalschläuche besitze, demonstriren immer denselben Zustand der unteren Etage, aus welcher dann bekanntlich der eigentliche Embryo gebildet wird. Die Archegonium-

wand habe ich nur angedeutet; das Ganze befindet sich also noch innerhalb des Archegoniums. Hier ist auch der Ort, die Frage aufzuwerfen, was mit dem Archegonium geschieht, wenn der Embryo sich weiter entwickelt? — Höchst wahrscheinlich wird der zuvor aufgelöste Archegoniumbauchtheil zur Ernährung der Embryonalschläuche und des Embryos benützt. Wir haben oben bemerkt, dass die leer gewordene Archegoniumhöhlung im Endosperm später von neu gebildeten Endospermzellen ausgefüllt wird, welche den vacant gewordenen Platz in Beschlag nehmen.

Fig. 57 Taf. XVIII zeigt uns die typische Anordnung der Zellen der unteren Etage, wenn in dieser vier Zellen zu sehen sind. Die vier Zellen der oberen Etage haben sich schon beträchtlich in die Länge gestreckt und sind zu kleinen Embryonalschläuchen geworden. Die grossen Zellkerne befinden sich hier im unteren Drittel der Zelle. Zu oberst haben wir auch eine dritte Zelletage. (An Stelle dieser dritten Etage beobachten wir manchmal nur drei oder zwei unregelmässig gelegene Zellen oder sogar bloss eine einzige Zelle.) Um das Ganze herum ist eine deutliche Membran zu erkennen; zu äusserst die Archegoniumwand. Diese Verhältnisse sind hier klar zu sehen. Zu oberst die „Rosette“ nach Schacht (die aber nur ausnahmsweise so vollständig entwickelt ist), dann die zu den kurzen Embryonalschläuchen gestreckte mittlere Etage und zu unterst die untere Etage, die zum eigentlichen Embryo wird. Hier sei auch noch bemerkt, dass das Protoplasma in den Embryo- und Embryonalschlauchzellen körnig ist. Die Entwickelung schreitet nun weiter, aber nur nach einer Richtung. Während nämlich die Zellen der mittleren Etage immer mehr in die Länge wachsen und so zu eigentlichen Embryoschläuchen werden, verändert sich die untere Etage lange Zeit nicht; sie hat so ziemlich immer dasselbe Aussehen, wie die Fig. 57 und 56 es demonstriren. Die erste Keimentwickelung ist also im Wesentlichen ein Embryonalschlauchwachsthum. Das aufgelöste Archegonium wird höchst wahrscheinlich, wie schon angedeutet, zum Aufbau dieser Embryonalschläuche benützt. Durch das Längenwachsthum der Embryonalschlauchzellen wird die untere Etage ins Endosperm eingeführt und ernährt sich dann hier auf Kosten der angrenzenden Endospermzellen. (Siehe unten.) Der Boden des Archegoniumbauchtheiles wird hiebei durchbrochen; wir sehen die Hüllschicht des Archegoniums auf beiden Seiten daher abgeschnitten, wie Fig. 65 Taf. XVIII deutlich zeigt. Was nun die Embryoschlauchzellen selbst anbetrifft, so machen wir bei allen diesbezüglichen Präparaten immer die Beobachtung, dass

dieselben sehr plasmaarm sind. Der grösste Theil derselben wird erfüllt von einer mächtigen Vacuole; das wenige Plasma findet sich immer an beiden Schlauchenden. Dass in diesen Zellen Plasmaarmuth eintreten muss, ist bei dem kolossalen Wachsthum sehr erklärlich. Die Zellkerne der verlängerten Zellen finden wir regelmässig in der unteren Plasmaansammlung nahe über der unteren Etage; sie haben ungefähr dieselbe Grösse wie die Zellkerne der Embryozellen. Aber oft sind sie sehr undeutlich, mitunter auch gar nicht sichtbar. Fig. 67 Taf. XIX illustrirt uns das Gesagte.

Wie wir oben gesehen, berichtet Strasburger von sechs Embryonalschläuchen bei Taxus baccata. Auch ich kann die Sechszahl als die normale Zahl der Embryonalschläuche bezeichnen. Doch sind es gar nicht selten auch deren mehr. So habe ich z. B. acht oder zehn in einem Bündel vereinigt zählen können (Fig. 58 Taf. XVIII). Bei Sechszahl haben wir im Querschnitt meistens eine kreisförmige Anordnung: fünf Embryonalschläuche sind kreisförmig um den sechsten gruppirt, der also in der Achse des ganzen Bündels liegt. Durch mechanische Wachsthumshemmungen der Embryonalschläuche kann es vorkommen, dass ihre Enden auf dem Längsschnitt des Samens oft gegen das Auge des Beobachters gerichtet werden, ein Umstand, welcher dann die Beobachtung der Querschnittansicht leicht ermöglicht. Solche Wachsthumshemmungen müssen sehr oft vorkommen, wenn man bedenkt, dass bei der Befruchtung von z. B. vier Archegonien vier Mal sechs Embryonalschläuche in den Endospermkörper eindringen. Es sind auch diese Erscheinungen, welche sehr oft Verwirrung im richtigen Erkennen der Verhältnisse hervorrufen. Auf Quer- und Längsschnitten der Embryonalschläuche sehen wir, dass das Protoplasma sich anscheinend von den Wänden zurückgezogen hat (Fig. 58). Es ist dies eine Einwirkung des Fixirungsmittels. Diese Lostrennung des Plasmas von der Zellwand kommt übrigens auch bei den Zellen der oberen Etage und denjenigen des Embryos vor. Was die Form der Embryonalschläuche anbetrifft, so sind dieselben an beiden Enden etwas verjüngt oder verbreitert. Auf späteren Stadien, wenn die Embryonalschläuche schon beträchtliche Länge haben, sind sie bekanntlich vielfach gewunden; im oberen Theil sind immer die stärksten Windungen zu constatiren. Nicht in allen Fällen liegen die Schläuche ganz dicht aneinander; sehr oft berühren sie sich gegenseitig nicht und lassen eine Lücke zwischen sich (Fig. 65 und 68 Taf. XIX). Auf andere sehr wichtige Veränderungen in den Embryonalschlauchzellen will ich später ein-

treten, wenn ich den normalen Entwickelungsgang des Embryos beschrieben.

Während dieses ausgiebigen Längenwachsthums der Zellen der oberen Etage hat, wie schon erwähnt, die untere Etage keine grosse Veränderung durchgemacht. Sie hat lediglich eine Ortsveränderung erlitten. Die Fig. 59 und 60 Taf. XVIII zeigen uns die drei resp. vier Zellen der unteren Etage an langen Embryonalschläuchen, nachdem dieselben in das Endosperm gelangt sind. Jetzt beginnen die weiteren Theilungen dieser Zellen zur Bildung des Embryos. Doch muss ich auch hier wieder betonen, dass die Zelltheilungen gar nicht regelmässig vor sich gehen. Während nämlich bei dem einen Stadium die Zelle *a* schon getheilt ist, erscheint letztere bei einem anderen Stadium noch ungetheilt, dafür ist die Zelle *b* getheilt. Also die erste Theilung tritt nicht überall bei der gleichen Zelle auf u. s. f. In Fig. 61 Taf. XVIII ist die mittlere von den oberen vier Zellen im Begriffe, sich zu theilen. Die Theilung des Zellkerns ist schon beendet. (Hier und in der folgenden Figur sind ausnahmsweise die Embryonalschläuche noch kurz.) Fig. 62 Taf. XVIII zeigt diese mittlere Zelle getheilt durch eine senkrechte Wand. Fig. 63 Taf. XVIII demonstrirt den anderen Fall, wo die mittlere obere Zelle noch nicht getheilt ist, indes dagegen die beiden seitlichen in Theilung begriffen sind; ihre Kerne sind schon getheilt. In Fig. 64 Taf. XVIII haben wir ein etwas vorgeschritteneres Stadium: die linke seitliche Zelle ist getheilt, die rechtsliegende noch ungetheilt. Bei Fig. 65 Taf. XVIII ist die rechtsliegende seitliche Zelle mit der Theilung fertig. (In dieser Figur sieht man zugleich sehr deutlich die Durchbrechung des Archegoniumbodens. In der leeren Archegoniumhöhlung sind die degenerirenden Ueberreste des Pollenschlauches noch zu erkennen.) Oben an den hier noch nicht sehr langen Embryonalschläuchen bemerkt man zwei Zellen der angedeuteten oberen Zelletage. Um die obere, mittlere und untere Etage ist eine deutliche Membran wahrnehmbar. In Fig. 66 und 67 Taf. XIX haben wir ein Zwischenstadium vor uns, insofern die rechts liegende seitliche Zelle eben mit der Theilung fertig geworden, während in der links liegenden erst der Zellkern getheilt ist. Fig. 68 Taf. XIX endlich zeigt uns die beiden getheilten seitlichen Zellen. Die Hüllmembran um das Ganze ist sehr deutlich. Dieselbe macht zwischen den einzelnen Embryozellen immer eine deutliche Einbiegung. Die mittlere obere Zelle ist noch nicht getheilt. Die Fig. 69 Taf. XIX demonstrirt auch noch d i e s e Theilung nebst den getheilten beiden seitlichen Zellen. Wir haben also hier jetzt sieben

Zellen, die insgesammt von einer Hüllmembran umgeben sind. Körniges Plasma ist besonders deutlich sichtbar.

Wie ich schon in der Einleitung dieses Abschnittes angeführt, berichtet Strasburger, dass beim jungen Taxus-Embryo eine der Zellen am Scheitel, meist die der Mitte nächstliegende, die Oberhand gewinne, sich mehrmals theile und den Keim bilde. Auch ich konnte diese Zelle und deren Theilungen beobachten. Dieselbe beginnt sich zu theilen bei Drei-, Vier-, Fünf-, Sechs- oder Siebenzelligkeit des bis jetzt gebildeten Embryos. In Fig. 70 Taf. XIX ist diese Scheitelzelle bereits einmal getheilt durch eine etwas geneigte Wand bei fünfzelligem Embryo. (Die beiden unteren Zellen sind die Tochterzellen dieser ersten Theilung.) Fig. 71 Taf. XIX demonstrirt diese erste Theilung bei sechszelligem Embryo. In Fig. 72 Taf. XIX erkennen wir bereits die zweite Theilung dieser Scheitelzelle, ebenfalls bei sechszelligem Embryo. Die Theilungswand steht zur ersten unter einem rechten Winkel. Eine ganz ähnliche Figur finden wir in Strasburger's „Coniferen und Gnetaceen“ Taf. XII Fig. 44a; nur sehen wir dort die zwei Mal getheilte Scheitelzelle von der anderen Seite. Nochmals sehen wir diese zwei Mal getheilte Scheitelzelle in Fig. 73 Taf. XIX bei einem mehrzelligen Embryo. Wir erkennen auch hier wieder sehr deutlich die Hüllmembran um den Gesammtembryo, welche zwischen den einzelnen Embryozellen peripherisch eingebogen ist. Die Annahme ist wohl gerechtfertigt, dass diese Hüllmembran um den Embryo einfach aus der Continuität der Membranen der einzelnen Embryozellen resultirt, daher auch zwischen den Zellen diese Einbuchtung. Fig. 74 Taf. XIX scheint diese Auffassung vollständig zu bestätigen; wir sehen hier die Einzelmembranen theilweise allein, ohne den von ihnen umschlossenen Plasmakörper.

Fig. 73 Taf. XIX ist die Abbildung eines Embryos, bestehend aus neun Zellen. Bis zu diesem Stadium konnte ich die genaue Entwickelung des Embryos verfolgen; ich verzichtete aber gezwungener Weise auf die Weiterführung der nun folgenden Details, weil es von hier an sehr schwer hält, die einzelnen Theilungen genau zu constatiren; andererseits ist ziemlich sicher, dass die weiteren Zelltheilungen nicht mehr in gesetzmässiger Ordnung vor sich gehen. Haben wir doch schon auf den früheren Theilungsstadien sehr viele Abweichungen gesehen, betreffend Lage der Theilungswände bezw. Richtung der Kernspindeln der sich theilenden Kerne. Es ist auch keine Frage, dass eine genaue Kenntniss der ersten Zelltheilungen der Embryonalanlage weitaus am wichtigsten ist.

Bei Taxus baccata bilden die Embryonalschläuche eines Archegoniums insgesammt nur einen eigentlichen Embryo; aber nicht alle Embryonalschläuche sind zum Aufbau des Embryos nothwendig.

Im geschichtlichen Theil dieses Abschnittes wurde erwähnt, dass Hofmeister am „oberen Ende des Vorkeims“ sehr oft einige nach unten rasch sich verjüngende Zellen sah, welche keiner der Längsreihen angehörten, die weiter unten den Keim zusammensetzten. In der That sind diese sich abnorm verhaltenden Zellreihen (Embryonalschläuche) bei Taxus baccata nicht selten. Ich habe sehr viele Schnitte in meiner Sammlung, bei welchen wir mehrere Archegonien befruchtet sehen, wobei sich die Embryonalschläuche verlängern, die Embryonen ins Endosperm hinunter führen. Beim ersten Embryo haben alle sechs Embryonalschläuche die untere Etage begleitet; beim zweiten Embryo bleiben zwei Embryonalschläuche im Wachsthum zurück und nur vier Schläuche begleiten den Embryo; bei einem dritten Embryo desselben Samens bleiben drei Schläuche zurück und nur drei haben die Einführung des Embryos ins Nährgewebe übernommen. Ja, es kann sogar vorkommen, dass alle sechs Embryoschläuche verschiedenes Wachsthum zeigen. So sistiren denn diese auf verschiedener Höhe aufhörenden Embryonalschläuche ihr Wachsthum ungleichzeitig. Die Enden derselben sind mitunter spitz zulaufend, meistens aber keulenförmig angeschwollen. Im keulenförmigen Ende sieht man dann den Embryonalschlauchkern in zwei oder drei Kerne getheilt; sogar ganze Kernreihen treten auf. Oder es entsteht im angeschwollenen Ende ein ganzer Kernhaufen (Fig. 75 *a*, 75 *b*, 75 *c* und 75 *d* Taf. XIX). Das Protoplasma ist um die einzelnen Kerne individualisirt und von der Zellwand zurückgezogen. Die Kerne sind manchmal lang gestreckt. Ganz Aehnliches sehen wir auch auf der Tafel von Pinus Laricio.[1]) Aber nicht nur im unteren Ende der Embryonalschläuche tritt diese Kernvermehrung auf, sondern auch im oberen Ende. Es scheint also, dass nicht nur die untere Zelletage embryobildend ist, sondern dass auch die Zellen der oberen Etage Embryonen bilden wollen, die aber allerdings in ihrer Entwickelung stille stehen, sobald der „eigentliche“ Embryo eine gewisse Grösse erreicht hat. Ich gehe noch weiter und sage, dass überhaupt alle Zellen, die aus dem Keimkern hervorgehen, das Bestreben haben, Embryonen zu bilden. (Dies erinnert sehr an die zu Embryonen auswachsenden Schläuche der Keimzellen bei Ephedra altissima.) Auch in dieser Beziehung nimmt wohl Taxus

1) Siehe Dr. A. Dodel, Anatomisch-physiologischer Atlas der Botanik.

eine Zwischenstellung ein; während nämlich bei der Mehrzahl der Nadelhölzer die Embryonalschläuche eines Archegoniums insgesammt nur einen Embryo bilden, trennen sich bei einigen Gymnospermen die einzelnen Schläuche von einander und jeder bildet eine eigene Keimanlage. Bei Taxus baccata sehen wir die einzelnen Embryonalschläuche nur noch „rudimentäre" Embryonen bilden; der Embryo aus der unteren Etage gewinnt immer die Oberhand. Könnte man den aus der unteren Etage hervorgegangenen Embryo herausschneiden, so würden wahrscheinlich die unteren Enden der Embryonalschläuche ganz zu Embryonen sich entwickeln, da dann nach diesem Orte die Nahrungszufuhr concentrirt werden könnte. Leider wird dies Experiment kaum ausführbar sein.

Die Entdecker dieser Embryonalschlauchzellenreihen sind Mirbel und Spach.[1])

Es mögen, bevor ich zur Beschreibung des reifen Embryos übergehe, noch einige Bemerkungen über Anzahl und Lage der Embryonen Platz finden. Wie schon oft bemerkt, enthält der reife Samen nur einen Keim, welcher die übrigen auf früheren Entwickelungsstufen verdrängt hat. Diese Verdrängung der Embryonen geschieht manchmal erst, wenn dieselben schon eine ziemliche Grösse erreicht haben. So habe ich Präparate von Ende Juni, bei welchen zwei oder sogar vier Embryonen sehr beträchtlich und fast gleich weit entwickelt sind, wo es also schwer wäre zu entscheiden, welcher Embryo die Oberhand gewinnen würde. Und denkbar wäre es doch, dass einmal unter tausend Fällen sich zwei Embryonen entwickeln würden. Was die Lage dieser jungen Keime anbetrifft, so ist darüber dasselbe zu sagen, wie bei den Archegonien. Sie können mit einander parallel verlaufen oder sie liegen wirr durch einander etc. Diese so sehr verschiedene Lage der jungen Keime mag wohl ihre Ursache hauptsächlich darin haben, dass vielfach mechanische Wachsthumshemmungen richtungsbestimmend werden.

Wir haben den Embryo im Neunzellenstadium verlassen (Fig. 73 Taf. XIX). Die Zellen theilen sich weiter und bilden schliesslich den reifen Embryo. Fig. 76 Taf. XIX zeigt uns einen solchen, der von Ende Juli datirt. Die beiden Cotyledonen sind beträchtlich entwickelt und deutlich sichtbar. Die Entwickelung derselben ist sehr einfach. Zunächst erheben sie sich als kleine Wülste zu beiden Seiten des bis dahin abgerundeten unteren Endes des Embryos. Die zwei Er-

---

1) Siehe Annales des sc. naturelles II. série 1843 t. 20.

hebungen werden infolge rascher Zelltheilungen und damit Hand in Hand gehenden Wachsthums immer grösser und schliesslich zu den eigentlichen Cotyledonen, wie wir sie im reifen Samen sehen. Was bei Fig. 76 am meisten auffällt, ist die Thatsache, dass zwischen den beiden Cotyledonen Reste von aufgelöstem Endosperm sich vorfinden. Dasselbe bemerken wir auch auf Querschnitten, wo die Cotyledonen ein wurstförmiges Aussehen haben und concave Berührungsflächen zeigen (Fig. 77 Taf. XIX). Diese Reste von aufgelöstem Endosperm zwischen den beiden Cotyledonen beweisen, dass der Embryo vom Endosperm ernährt wird. Die Ernährung des Embryo geht durch das Stämmchen vor sich und nicht durch die Wurzel. Dies ist bei der Embryoernährung, während derselbe sich vom Sameninhalt ernährt, wohl der gewöhnlichste Fall. Auf die genaueren Verhältnisse über das Verhalten der Endospermzellen um den Embryo herum und unter demselben trete ich hier nicht ein, da dasselbe im 5. Abschnitt schon geschehen ist. (Siehe oben.)

Noch sei erwähnt, dass beim Grösserwerden des Embryos die Cotyledonen sich verlängern, wobei das Endosperm zwischen denselben gänzlich verschwindet; es bildet dann höchstens noch einen keilartigen Zapfen zwischen den Berührungsflächen der Cotyledonen.

Der Bau des reifen Embryos selbst, im Hinblick auf die bekannten Untersuchungen anderer Autoren, bietet nichts Neues. Wir haben in der Mitte den Procambiumstrang, aus welchem die Elemente der Gefässbündel hervorgehen. Derselbe verzweigt sich unterhalb des Stammscheitels und schickt seine Ausläufer in die Cotyledonen. (Siehe auch Fig. 77 Taf. XIX.) Immer ist auch der Pleromscheitel der Wurzel und der Vegetationskegel des Hypocotyl unschwer zu sehen. Eine Wurzelhaube bemerken wir bei dem in Fig. 76 dargestellten Embryo noch nicht; der hier sehr lang gewordene Embryoträger wird erst später durch die Wurzelhaube verdrängt. Die Zellen des Procambiumstranges sind kleiner und plasmareicher als die des Periblems und deshalb so sehr auffallend gegen das letztere abgesetzt. Auch die Zellen des Dermatogens sind etwas kleiner als die des Periblems. Die Zellen des Suspensors sind sehr in die Länge gestreckt und arm an Plasma. In der Höhe des Stammscheitels ist der Embryo immer etwas eingeschnürt; sein Vegetationskegel ist breit und flach.

Strasburger bemerkt in „Coniferen und Gnetaceen“, dass bei den Taxaceen ohne Ausnahme zwei Cotyledonen vorkommen. Dem gegenüber kann ich bemerken, dass ich auf Embryoquerschnitten auch deutlich drei Cotyledonen gesehen habe (Fig. 78 Taf. XIX). In dieser

Figur beobachten wir auch das aufgelöste Endosperm zwischen den Cotyledonen und die drei Zweige des Procambiumstranges. (Das Vorkommen dreier Cotyledonen ist in allen Fällen als Ausnahme zu betrachten.)

Der Embryo enthält sehr viel Stärke; nebstdem beobachten wir als Zellinhaltstheile auch wieder jene kleinen, hier blauen Körner neben den Kernen, wie wir sie oben bei den vielkernigen Endospermzellen beschrieben haben und die durch Hämalaun mehr oder weniger intensive Färbung annehmen.

Verzeichniss der benützten Litteratur.

Belajeff, Zur Lehre von den Pollenschläuchen der Gymnospermen. Berichte der Deutschen bot. Ges. 1891, Bd. IX.

Dodel Dr. A., Anatomisch-physiologischer Atlas der Botanik für Hoch- und Mittelschulen. Esslingen 1878—1883.

Goebel Dr. K., Grundzüge der Systematik und speciellen Pflanzenmorphologie

Hofmeister, Vergleichende Untersuchungen höherer Kryptogamen und der Samenbildung der Coniferen. Leipzig 1851. — Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig 1894.

Jaccard, Recherches embryologiques sur l'Ephedra Helvetica. Lausanne 1894.

Mirbel & Spach, Annales des sc. naturelles. II. série. 1843.

Overton Dr. E., Ueber die Reduction der Chromosomen in den Kernen der Pflanzen. S.-A. aus d. Vierteljahrsschr. d. n. Ges. in Zürich, XXXVIII. Jahrg. 1893.

Pfitzer, Vorläufige Mittheilung.

Strasburger, Coniferen und Gnetaceen. Jena 1872. — Angiospermen und Gymnospermen. Jena 1879. — Ueber das Verhalten des Pollens und die Befruchtungsvorgänge bei den Gymnospermen. Jena 1892. — Ueber Befruchtung und Zelltheilung. Jena 1878. — Befruchtung bei den Coniferen. 1869. — Zellbildung und Zelltheilung. Jena 1880.

Schacht, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. 1859.

van Tieghem, Anatomie comparée de la fleur femelle et du fruit des Cycadées, des Conifères et des Gnétacées. Ann. d. sc. nat. 8. série 1869.

Erklärung der Figuren.

Tafel XV.

Fig. 1. Querschnitt durch das Secundansprösschen mit den drei decussirten Schuppenpaaren; die Vertheilung der Gefässbündel deutlich sichtbar. *g* Gefässbündel.

„ 2. Schematischer Längsschnitt durch eine weibliche Knospe. Das Integument erhebt sich zu beiden Seiten des Nucellus. *n* Nucellus, *i* Integument.

„ 3. Längsschnitt durch die Mikropyle mit ringförmigem Wulst. *m* Mikropyle.

Fig. 4. Längsschnitt durch die weibliche Blüthe, welcher das Integument zeigt. *s* gelbe, cuticularisirte Schicht rings um die Mikropyle, *c* Cuticula, *e* Epidermis, *i* eigentliches Integument, *n* Nucellus, e_1 Embryosack, *g* generative Zelle vor dem Archegonium.

„ 5. Längsschnitt durch ein Fragment des äusseren Theiles des Integumentes. *c* Cuticula, *e* Epidermis.

„ 6. Nucelluszellen aus dem inneren Theil des Nucellus. Das Cytoplasma hat sich von den Zellwänden losgelöst.

„ 7. Die vier Tochterzellen, welche durch Theilung einer Embryosackmutterzelle entstanden sind. *t* Tochterzellen.

„ 8. Vorgeschritteneres Stadium: Zwei Embryosackmutterzellen sind in je drei oder vier Tochterzellen zerfallen. Eine der unteren Zellen zeigt zwei Vacuolen und ist bedeutend grösser als die anderen, sie wird zum Embryosack. *e* Embryosack.

„ 9. Heranwachsender Embryosack von Nucellusgewebe umgeben. *n* Nucellusgewebe.

„ 10. Längsschnitt durch einen Samen mit zwei Embryosäcken. *e* Normal entwickelter Embryosack, e_1 in der Entwickelung zurückgebliebener Embryosack, der bald verdrängt worden wäre, *g* generative Zellen, die zum Embryosack vordringen, *n* Nucellus.

„ 11. Orientirungsbild. Längsschnitt: *s* Schuppen, *i* Integument, *n* Nucellus, *e* Embryosack, *a* Arillusanlage. — Querschnitt: Die analogen Blüthentheile.

„ 12. Junger, stark gefalteter Embryosack mit etwa 10 freien Kernen. *n* Nucellus, *e* Embryosack, *k* freie Kerne.

„ 13. Weiter entwickelter Embryosack mit ungefähr 32 freien Kernen. Grobes Maschenwerk zwischen den Kernen. *n* Nucellus, *e* Embryosack, *k* freie Kerne.

„ 14. Endospermzellen.

„ 15. Endospermzelle; im Innern ein Haufen von Kernen.

„ 17. Längsschnitt durch den Embryosack mit einer Zellschicht. *e* Embryosack, *n* Nucellusgewebe.

Tafel XVI.

Fig. 16. Querschnitt durch den Embryosack. Die Wand des Embryosacks ist mit einer einzigen Schicht von Endospermzellen ausgekleidet. *e* Embryosack, *n* Nucellusgewebe.

„ 18. Fragment eines Querschnittes durch den Embryosack. Die wandständigen Endospermzellen haben sich gegen das Innere zu verlängert.

„ 19. Embryosackquerschnitt. Die verlängerten wandständigen Endospermzellen sind in der Mitte zusammengestossen.

„ 20. Längsschnitt durch einen Embryosack. In den verlängerten Endospermzellen sind tangentiale Zellwände gebildet.

„ 21. Wenig weiter vorgeschrittenes Stadium.

„ 22. Querschnitt durch einen Embryosack. 6—9 tangentiale Zellwände sind gebildet.

„ 23. Archegonium mit Hüllschicht. *h* Hüllschicht, *a* Archegonium, *e* Eikern.

„ 24. Archegonium mit Halszellen. *h* Halszellen, *a* Archegonium, *e* Eikern. 390/1.

Fig. 25. Archegonium mit Pollenschlauch. *p* Pollenschlauch, *h* Hüllschicht, *a* Archegonium, *e* Eikern, *c* Chromatinsubstanz, *n* Kernkörperchen. 390/1.

„ 26. Querschnitt durch den Endospermkörper. Das Endosperm hat sich weiter entwickelt als in Fig. 22. *n* Nucellusgewebe, *e* Endospermkörper, *a* Querschnitt durch das Archegonium, *z* Zone von kleineren Endospermzellen.

„ 27. Längsschnitt durch den Endospermkörper. *e* Endospermkörper, *z* Zone von kleineren Endospermzellen, *s* Embryonalschläuche, *E* Embryo.

Tafel XVII.

Fig. 28. Längsschnitt durch den oberen Theil des Endospermkörpers. *n* Nucellus, *a* Archegoniumhöhlung, *s* oberes Ende von Embryonalschläuchen, *t* nachträglich nach oben gewachsenes Endosperm.

„ 29. Vielkernige Endospermzellen.

„ 30. Zu drei Haufen verschmolzene Kerne einer Endospermzelle. *k* Kernhaufen.

„ 31. Oberer Theil eines Archegoniums mit Einbuchtung. Das Pollenschlauchende mit der generativen Zelle befindet sich unmittelbar vor der Eizelle. *a* Archegonium, *v* Vacuolen, *h* Hüllschicht des Archegoniums, *p* Pollenschlauchende, *g* generative Zelle. 710/1.

„ 32. Zum Embryosack vordringender Pollenschlauch mit Inhaltsbestandtheilen. *p* Pollenschlauch, *g* generative Zelle, *s* Stielzellkern, p_1 Pollenschlauchkern, *e* Embryosack mit freien Kernen, *n* Nucellusgewebe.

„ 33. Generative Zelle mit den beiden freien Zellkernen. *fz* Freie Zellkerne, *g* generative Zelle. 710/1.

„ 34. Die generative Zelle hat sich in zwei ungleich grosse Schwesterzellen getheilt. *kg* Kleine Schwesterzelle, *gg* grosse Schwesterzelle, *fz* freie Zellkerne, *a* Archegonium mit Kern. 710/1.

„ 35. Höhlung vor dem Archegonium, die durch Pollenschlauchwirkung entstanden ist. *h* Höhle, *a* Archegonium mit Etagen.

„ 36. Ins Ei eindringender Spermakern. *r* Restgebilde der generativen Zelle, *sp* Spermakern, *ek* Eikern, *a* Archegonium. 390/1.

„ 37. Erste Berührung von Sperma- und Eikern. *sp* Spermakern, *ek* Eikern. 710/1.

„ 38 u. 39. Der Spermakern ist mit dem Eikern verschmolzen. *sp* Spermakern, *ek* Eikern, *v* Vacuolen im Archegonium. 390/1 u. 710/1.

„ 40. Keimkern, entstanden durch Verschmelzung von Sperma- mit Eikern. *kk* Keimkern. 710/1.

„ 41—46. Der Keimkern ist in zwei, drei, vier, fünf, sieben freie Kerne getheilt. Zwischen den freien Kernen ist die Plasmastrahlung deutlich sichtbar. *p* Plasmakappe an der Basis des Archegoniums, *fk* freie Kerne.

Tafel XVIII.

Fig. 46 u. 47. Der Keimkern ist in acht und elf freie Kerne getheilt.

„ 48. Der Keimkern hat sich in 16 freie Kerne getheilt. Zellmembranbildung zwischen den Kernen deutlich zu sehen. Zwischen den zwei zu unterst gelegenen Kernen ist vielleicht eine transitorische Zellplatte. 390/1.

„ 49. Aehnliches Stadium. Oben in der Archegoniumhöhlung beobachtet man die Restgebilde des Pollenschlauches, die nicht zur Befruchtung gebraucht wurden. *r* Restgebilde. 390/1.

Fig. 50. Vorgeschritteneres Stadium. Im untersten Theil der Plasmakappe fertige Zellen um Kerne gebildet. Restgebilde des Pollenschlauches zu sehen.

„ 51, 52, 53. Die Zellen um die freien Kerne sind gebildet. Gequollene Membranen als helle Zwischenräume bemerkbar. In Fig. 52 liegen die nur durch ihre Contouren angedeuteten Zellen tiefer.

„ 54. Die bis anhin unregelmässig gelagerten Zellen sind in zwei Etagen angeordnet. 710/1.

„ 55. Dreietagenstadium. 390/1.

„ 56. Die Zellen der oberen Etage haben sich in die Länge gestreckt; die der unteren Etage zeigen die für dieses Stadium typische Lagerung. 710/1.

„ 57. Die Zellen der unteren Etage zeigen die für dieses Stadium typische Anordnung; die Zellen der mittleren Etage sind langgestreckt, die der oberen Etage sind unverändert. 390/1.

„ 58. Zehn Embryonalschläuche in ein Bündel vereinigt. Das Cytoplasma hat sich von den Wänden zurückgezogen. 390/1.

„ 59 u. 60. Die durch lange Embryonalschläuche ins Endosperm eingeführten drei resp. vier Zellen des Embryos.

„ 61—66. Aufeinanderfolgende Entwickelungsstadien des Embryos.

„ 65. *r* Die zur Befruchtung nicht gebrauchten degenerirenden Restgebilde des Pollenschlauches, *h* Hüllschicht des Archegoniums, die durch die Embryonalschläuche durchbrochen wurde, *oe* Zellen der oberen Etage, *es* Zellen der mittleren Etage (Embryonalschläuche), *E* Zellen der unteren Etage (Embryo). Ebenso in Fig. 67 Taf. XIX.

Tafel XIX.

Fig. 66—70. Aufeinanderfolgende Entwickelungsstadien des Embryos.

„ 70—74. Aufeinanderfolgende Theilungen der Scheitelzelle. *s* Derivate der Scheitelzelle.

„ 74. Einzelmembranen der Embryozellen deutlich zu sehen. 390/1.

„ 75 *a, b, c, d*. Keulenförmig angeschwollene Enden von Embryonalschläuchen. In Fig. 75 *b* ist eine Kernreihe, in Fig. 75 *d* ein ganzer Kernhaufen zu sehen.

„ 76. Reifer Embryo. *e* Aufgelöstes Endosperm zwischen den beiden Cotyledonen.

„ 77. Querschnitt durch die beiden Cotyledonen. Zwischen den letzteren befindet sich in Auflösung begriffenes Endosperm.

„ 78. Querschnitt durch einen Embryo mit drei Cotyledonen.

Ueber den Einfluss verschiedener Substanzen auf die Athmung und Assimilation submerser Pflanzen.

Von

Bernhard Jacobi.

I. Einleitung: Historisches und Fragestellung.

Assimilation und Athmung sind als zwei ungemein wichtige physiologische Processe im vegetabilischen Organismus anzusehen. Sie stehen zu einander in vielfacher Wechselbeziehung, und alle anderen Vorgänge im Leben der Pflanze sind mehr oder weniger von ihnen abhängig.

Es ist daher nicht nur von Bedeutung, die genannten Processe ihrem eigentlichen Wesen nach zu verstehen, sondern man muss sich auch die Frage vorlegen, inwieweit sie durch äussere Einflüsse in ihrem Verlaufe modificirt werden können.

Und es sind in der That nach dieser Richtung hin schon zahlreiche Untersuchungen angestellt und werthvolle Resultate gewonnen worden. Namentlich ist der Einfluss von Temperatur und Licht, von Wassergehalt und Verletzungen der Pflanzen gründlich studirt und mit relativer Sicherheit festgestellt worden.

Weniger zahlreich dagegen sind die Untersuchungen über die Veränderung der Assimilation und Respiration durch stoffliche Einflüsse.

Es ist daher von physiologischem Interesse, diesen Punkt weiter aufzuklären. Und deshalb wurde die Frage nach der stofflichen Einwirkung gewisser Substanzen auf die pflanzliche Assimilation und Athmung zum Gegenstand einer Reihe von Versuchen gemacht, die die Grundlage bilden für die nachfolgende Abhandlung.

Bevor wir jedoch zur Mittheilung unserer Versuchsresultate übergehen, mögen die über die angeregte Frage bereits bekannten Thatsachen hier Erwähnung finden.

Was zunächst die Athmung betrifft, so ist allerdings die Gährung nach der zuletzt angedeuteten Richtung hin aus naheliegenden Gründen verschiedentlicht studirt worden[1]).

---

1) Es liegt nicht im Rahmen dieser Arbeit, die sehr schwierige Frage, welche sich auf den Verlauf der Athmung der Hefezellen unter verschiedenen Umständen (z. B. Gegenwart oder Ausschluss von Sauerstoff) bezieht, mit der nachfolgenden Darstellung in Zusammenhang zu bringen. Ebensowenig kann hier auf die durch **Buchner** vertretene Anschauung über das Wesen der Gährung eingegangen werden.

Schon 1869 hat Adolf Mayer[1]) nachgewiesen, dass gewisse Metallsalze, so z. B. Chlorcalcium, Eisen-, Thonerde- und Mangansalze, die Entwicklung des Hefepilzes nicht wesentlich beeinflussen.

M. Hayduck[2]) zeigte dann, dass bestimmte Säuren (Schwefelsäure, Salzsäure, Phosphorsäure, Milch- und Buttersäure) die Gährthätigkeit der Hefe beeinträchtigen, wenn der Säuregehalt der Gährflüssigkeit einen gewissen Grad überschreitet. Und zwar wirken die verschiedenen Säuren in sehr ungleichem Maasse gährungsstörend. Doch äussert sich der schädigende Einfluss der Säuren auf die Gährwirkung nicht in derselben Stärke wie auf das Wachsthum der Hefezellen.

Gewöhnlich wird das Wachsthum schon durch einen geringeren Säuregehalt gestört als die Gährthätigkeit. Uebrigens können geringe Säuremengen die Gährung und die Hefeentwickelung auch fördern. So wird z. B. durch Schwefelsäure die Gährung gefördert bei 0,02 %, geschädigt bei 0,2 % und unterdrückt bei 0,7 %. Die Entwickelung der Hefe aber wird schon bei 0,2 % Schwefelsäure aufgehoben.

Zu denselben Resultaten kam auch Heinzelmann[3]), welcher fand, dass bei einem Zusatz von 0,15 g Salicylsäure zu 400 l einer 10proc. Zuckerlösung die darin sich befindende Hefe vollständig getödtet wurde, während ein Zusatz von 0,0375 g Salicylsäure zu der angegebenen Menge Gährflüssigkeit die grösste Gährthätigkeit hervorrief.

Ebenso wie die genannten Autoren für bestimmte Concentrationen eine Verminderung der Athmungsenergie bei der Hefe feststellten, constatirte Märker[4]) dieselbe Erscheinung, wenn er Essigsäure, Ameisensäure, Propionsäure, Buttersäure oder Capronsäure auf den Pilz einwirken liess.

Die aus den bisher angeführten Versuchsresultaten abzuleitende physiologische Erkenntniss hatte Hugo Schulz schon früher (1877) ganz allgemein formuliert, indem er — allerdings zunächst mit

---

1) Untersuchungen über alkoholische Gährung. 1869.

2) Hayduck, M., Ueber den Einfluss einiger Säuren auf die Entwickelung und Gährthätigkeit der Hefe. Zeitschrift für Spiritusindustrie, Neue Folge IV, 1881, pag. 341.

3) Heinzelmann, G., Einfluss der Salicylsäure auf die Gährkraft der Hefe. Zeitschrift für Spiritusindustrie 1882. (Referat im bot. Centralbl. 1883, XIV.)

4) Märker, M., Ueber die Störung der Gährung durch verschiedene Substanzen. Zeitschrift für Spiritusindustrie, Neue Folge IV, 1881.

Rücksicht auf die thierische Zelle — die Theorie aufstellte[1]), dass jeder Reiz auf eine Zelle oder einen Zellcomplex eine Steigerung oder Herabdrückung der physiologischen Leistungen, entsprechend der geringeren oder grösseren Intensität des Reizes, bedinge. Um diesen Satz nun noch durch Untersuchungen an pflanzlichen Objekten stützen zu können, studirte auch Schulz[2]) die Einwirkung von gewissen Giften auf die Gährthätigkeit der Hefezelle und kam im Wesentlichen zu denselben Resultaten wie Hayduck und Heinzelmann. Sublimat z. B. erhöhte in einer Verdünnung von 1:500000 anfangs die Gährthätigkeit; weiterhin aber gewöhnte sich der Organismus an das Gift, und die Intensität der Gährung ging nach Ablauf von drei Stunden wieder auf das normale Maass zurück. Wurde dagegen Sublimat in einer etwas höheren Concentration angewandt, so war anfänglich eine bedeutende Steigerung der Gährungsenergie zu beobachten, dann aber wurde weniger Kohlensäure producirt als unter normalen Verhältnissen. In demselben Sinne wie Sublimat — aber graduell verschieden — wirken nach Schulz auch metallisches Jod, Jodkalium, Brom, arsenige Säure, Chromsäure, salicylsaures Natron und Ameisensäure.[3])

Verschwindend gering alledem gegenüber ist die Zahl der Untersuchungen über gewisse stoffliche Einflüsse auf die Athmung höherer Pflanzen.

Die ersten Mittheilungen über zielbewusste Versuche in dieser Richtung haben wir wohl von Oskar Kellner.[4]) Kellner stellte vergleichende Versuche an über die Athmung von Erbsenkeimpflanzen, welche sich theils mit destillirtem Wasser, theils mit 0,5 proc. Salpeterlösung in Berührung fanden. „Alle diese Versuche stimmen darin überein, dass bei den mit Salpeterlösung behandelten Erbsen sich ein Plus in der Kohlensäurebildung bemerklich macht, dass ferner diese Beschleunigung der Athmung Hand in Hand geht mit dem (oben bewiesenen) Verschwinden der Salpetersäure“ (l. c. pag. 423).

Fernere Versuche von Ad. Mayer[5]) über die Wirkung der Blau-

1) Virchow's Archiv 1877 Bd. 108 pag. 427.

2) Pflüger's Archiv Bd. 42 Heft 11, 12. März 1888. (Referat im bot. Centralbl. 1888 pag. 610.)

3) Ueber weitere Versuche bezüglich stofflicher Einflüsse auf die Gährung vgl. Ad. Mayer, Die Gährungschemie, 4. Aufl., 1895.

4) Kellner, O., Ueber einige chemische Vorgänge bei der Keimung von Pisum sativum. Die landwirthschaftlichen Versuchsstationen, 1874, Bd. 17.

5) Mayer, Ad., Ueber den Einfluss der Blausäure auf Pflanzenathmung. Die landwirthschaftlichen Versuchsstationen Bd. XXIII, 1879, pag. 335.

säure ergaben, dass durch dieses Gift die Athmung der Pflanzen herabgedrückt oder auch ganz verhindert werden kann, während andere Processe bei Einwirkung des Giftes auf die Pflanze selbst bei Fortgang der Athmung völlig sistirt werden.

Schliesslich wurde noch die Einwirkung untersucht, welche mässig starkes Aetherisiren und Chloroformiren der Pflanze auf die Athmung derselben hervorrufen. Elfving[1]) und Laurén[2]) fanden hierbei vielfach eine Steigerung der Athmung. Detmer[3]) dagegen, sowie auch Bonnier und Mangin[4]) konnten keine Steigerung constatiren, wohl aber eine relativ energische Athmung. Der hier scheinbar vorhandene Widerspruch löst sich sofort, wenn man mit Pfeffer[5]) annimmt, dass Detmer, Bonnier und Mangin die Aetherdämpfe bis zur Schädigung auf die Objecte einwirken liessen. So aufgefasst, ergänzen sich die Resultate der genannten Forscher und geben uns ein Bild von den thatsächlichen Verhältnissen: bei schwacher Einwirkung der Chloroformdämpfe Steigerung, bei zu starker (oder vielleicht auch zu lange anhaltender) dagegen Herabdrückung der Athmung.

Dass diese Deutung der eben besprochenen Untersuchungsresultate berechtigt ist, dafür sprechen auch die Erfahrungen von Johannsen[6]): „als Nachwirkung der Aethernarkose wird eine stark gesteigerte Respiration beobachtet, wenn nur nicht die Dosis tödtlich oder zum Tode schädlich wirkt“ (l. c. pag. 338).

Was nun die stofflichen Einflüsse auf die Assimilation anbetrifft, so kommen dieselben nach den bis jetzt vorliegenden Untersuchungen zum Ausdruck in einer transitorischen Sistirung der assimilatorischen Thätigkeit, sofern nicht infolge zu kräftiger oder zu lange anhaltender Einwirkung der Tod des Organismus herbeigeführt wird.

Schon Boussingault[7]) beobachtete die unter dem Namen der „Asphyxie“ bekannte Erscheinung, dass ein Uebermaass von Kohlensäure die Assimilation schwächt.

Vom Chloroform behauptet Claude Bernard[8]), dass es bei

1) Siehe bei Pfeffer, Pflanzenphysiologie I, pag. 575, 2. Aufl., 1897.

2) Botanischer Jahresbericht 1892 pag. 92.

3) Landwirthschaftliche Jahrbücher 1882, Bd. 11, pag. 227.

4) Cit. nach Pfeffer, Pflanzenphysiologie I, pag. 575, 2. Aufl., 1897.

5) Physiologie I, pag. 575.

6) Johannsen, W., Aether- und Chloroformnarkose und deren Nachwirkungen. Bot. Centralbl. Bd. LXVIII, pag. 337, 338.

7) Siehe bei Pfeffer, Physiologie pag. 320.

8) Claude Bernard, Leçons sur les phénomènes de la vie, 1878, pag. 278, 279.

Wasserpflanzen die Assimilationsthätigkeit sofort aufhebe, während die Respiration fortdaure.

Frank Schwarz[1]) jedoch hat durch Chloroformversuche an Elodea und Ceratophyllum gezeigt, dass die auf assimilatorische Thätigkeit der Objecte hindeutende Blasenentwicklung, „nicht eher ganz aufhört, als bis die Pflanze so weit Schaden gelitten, dass sie, auch in reines Wasser versetzt, zu Grunde geht".

Detmer[2]) hat dann die Richtigkeit der Schwarz'schen Beobachtungen bestätigt und weiterhin festgestellt, dass schwefelsaures Kupferoxyd bei Elodea die Sauerstoffabscheidung viel energischer herabstimmt als Chloroform, einige Tropfen Kalilauge aber die Assimilation fast momentan zum Stillstand bringen.

Eine Abschwächung und endliche Sistirung der Assimilationsfähigkeit beobachtete auch Ewart[3]) bei Einwirkung von Aether, Chloroform und Kohlensäure auf seine Objekte.

Bezüglich der Einwirkung von Kochsalz und Kalisalpeter hat A. F. W. Schimper[4]) gefunden, dass Lösungen dieser Salze in bestimmten Concentrationen und bei gewissen Pflanzen „die Assimilation derart beeinträchtigen, dass Stärke und Zucker in nachweisbarer Menge nicht mehr erzeugt werden".

Für die Richtigkeit der Schimper'schen Behauptungen im Allgemeinen sprechen auch die Vermuthungen von Stange[5]) und die Erfahrungen von Lesage[6]), obgleich Richter[7]) den Schimper-schen Satz für manche Algen nicht gelten lassen will.

Eine weitere Bestätigung und tiefere Begründung fanden die Versuchsergebnisse Schimper's dann durch Stahl[8]), welcher, ausgehend von den Versuchen Schimper's, sich die Frage nach dem kausalen Zusammenhang zwischen dem Salzgehalt des Substrates und

---

1) Frank Schwarz, Zur Kritik der Methode des Gasblasenzählens an submersen Wasserpflanzen. Untersuchungen aus dem bot. Institut zu Tübingen, 1. Bd. pag. 102.

2) Landwirthschaftliche Jahrbücher Bd. 11 pag. 228.

3) Ewart, Journal of Linnean Soc. 1896 Bd. 31 pag. 364.

4) Schimper, A. F. W., Die indo-malayische Strandflora 1891 pag. 26.

5) Stange, B., Beziehungen zwischen Substratconcentrationen, Turgor etc. Bot. Ztg. 1892 pag. 394.

6) Comptes rendus 112, pag. 672 u. 891.

7) Richter, A., Ueber die Anpassung der Süsswasseralgen an Kochsalzlösungen. Flora 1892, pag. 56.

8) Stahl, Einige Versuche über Transpiration und Assimilation. Bot. Ztg. 1894 pag. 135.

der geschwächten Assimilation der in diesem Substrat vegetirenden Pflanzen vorlegte. Stahl stellte dabei die interessante Thatsache fest, dass bei nichthalophytischen Landpflanzen eine Schwächung oder Verhinderung der Assimilation durch Verschluss der Spaltöffnungen herbeigeführt wird.

Betrachtet man nun die zur Zeit vorliegenden Untersuchungen mehr kritisch, so ergibt sich, dass sie bei weitem noch nicht ausreichen, um uns eine einigermaassen befriedigende Vorstellung zu vermitteln über die Beeinflussung der Assimilation und der Athmung durch gewisse Substanzen.

Ganz besonders gilt dies für den Athmungsprozess. Die angeführten Gährungsversuche sind bei Behandlung der Frage vielleicht zunächst am besten zu eliminiren, da es sich jedenfalls nicht empfiehlt, vom Verhalten des Hefepilzes direct zu schliessen auf die Vorgänge bei den doch ganz anders organisirten höheren Pflanzen. Und selbst wenn derartige Schlussfolgerungen vollberechtigt wären, so wäre doch — worauf auch Pfeffer[1]) hinweist — auf Grund der bisherigen Untersuchungen nicht sicher zu entscheiden, „was durch Wachsen und Vermehren und was durch erhöhte Thätigkeit der einzelnen Zelle erreicht wird".

Zuverlässigere Resultate sind daher jedenfalls durch Untersuchungen an entwickelten Theilen höherer Pflanzen zu erreichen. Die mit derartigen Objecten vorgenommenen Versuche leiden jedoch zum Theil an nicht unwesentlichen Mängeln. So liess z. B. Adolf Mayer bei seinen schon erwähnten Versuchen mit Blausäure die Tropaeolumsprosse mit den Schnittflächen in die Lösung tauchen, wodurch natürlich bewirkt wurde, dass die Blausäure auf die Pflanze äusserst ungleichmässig einwirkte, da sie mit den einzelnen Zellen derselben nur successive in Berührung kam. Diesen Mangel selbst zugebend (l. c. p. 337), operirte Mayer dann mit Blättern von Elodea canadensis, welche in Wasser suspendirt waren, dem dann grössere oder geringere Mengen Blausäure zugeführt wurden. Die Athmungsenergie maass er an dem Verlauf der Protoplasmaströmungen, die er als einen Maassstab für die Grösse der Athmungsthätigkeit betrachtet (?). Ausserdem ist noch zu berücksichtigen, dass in diesen Versuchen die Verwundung der Objecte eine nicht unwesentliche Rolle gespielt haben kann, da doch die Wundflächen relativ bedeutend gewesen sein dürften und die Objecte jedenfalls bald nach der Verwundung (Lostrennung vom Spross) verwendet worden sind.

1) Pfeffer, Physiologie I, pag. 575, 2. Aufl., 1897.

Auch Kellner scheint bei seinen Untersuchungen trotz der grössten Sorgfalt die methodischen Schwierigkeiten nicht vollständig überwunden zu haben. Wenigstens lassen sich die negativen Resultate (ganz schwache Verminderung der CO_2-Produktion bei KNO_3-Gegenwart) in einigen Fällen (l. c. pag. 422 Versuch IV und VI) nicht gut anders erklären als durch individuelle Verschiedenheit der betreffenden Erbsenkeimpflanzen.

Nach alledem schien es daher wünschenswert, die angeregte Frage weiterhin experimentell zu verfolgen. Und besonders dürfte es von Interesse sein, vergleichende Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Stoffe auf die Athmung einerseits und auf die Assimilation andererseits durchzuführen.

II. Der Einfluss verschiedener Substanzen auf die Athmung submerser Pflanzen.

A. Methodisches.

Bei der Auswahl der Versuchspflanzen waren die verschiedensten Gesichtspunkte ins Auge zu fassen, falls die Resultate nicht durch nebensächliche und zum Theil ganz uncontrollirbare Verhältnisse getrübt werden sollten.

Zunächst musste den betreffenden Pflanzen oder Pflanzentheilen natürlich das nöthige Athmungsmaterial zur Verfügung stehen, und es waren solche Pflanzen zu wählen, bei denen ein hinreichender Stärkegehalt nachgewiesen werden konnte, da die Athmungsversuche natürlich im Dunkeln ausgeführt werden mussten.

Sodann war es nöthig, dass eine möglichst schnelle, allseitige und gleichmässige Einwirkung der betreffenden Substanz auf den pflanzlichen Organismus erfolgen konnte.

Dabei erschien es wünschenswerth, dass die Objecte auch während des Versuchs unter äusseren Umständen gehalten wurden, welche den natürlichen Vegetationsbedingungen möglichst nahe kamen.

Falls nicht ganze Pflanzen, sondern nur Theile derselben Verwendung finden sollten, war mit der von Stich[1]) festgestellten Thatsache zu rechnen, dass durch Verletzung die Athmung der Pflanzen erheblich gesteigert wird. Und da — wie Stich ebenfalls (l. c. pag. 18) mit annähernder Sicherheit gezeigt hat — der Grad dieser Athmungs-

1) Stich, Die Athmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffspannung und bei Verletzungen. Flora 1891 pag. 18 u. 19.

steigerung wesentlich abhängt von der Grösse der Wundfläche, so mussten solche Objecte den Vorzug verdienen, bei denen die eventuell nicht zu vermeidenden Wundflächen möglichst klein waren im Verhältniss zu der den Gasaustausch vermittelnden Gesammtoberfläche.

Schliesslich war noch der Umstand zu berücksichtigen, dass durch Lichtmangel und Salzgehalt der Pflanzen in vielen Fällen der Mechanismus des Spaltöffnungsapparates wesentlich beeinflusst wird, so dass bei Benutzung mit Spaltöffnungen versehener Objecte eine secundäre Einwirkung der genannten Agentien auf den Verlauf der Athmung nicht ausgeschlossen war.

Nach alledem erschien es zweckmässig, hauptsächlich mit untergetauchten Wasserpflanzen zu experimentiren.

Die Athmungsenergie wurde festgestellt durch quantitative Bestimmung der jeweilig produzirten Kohlensäure nach Pettenkofer'scher Methode.[1])

Diese Methode beruht bekanntlich auf dem Princip, die von den Versuchspflanzen exspirirte Kohlensäure in Barytwasser aufzufangen und dann durch die Titrirmethode zu bestimmen. Der zu diesem Zwecke mit Hilfe eines Aspirators durch den ganzen Apparat geleitete Luftstrom passirt zunächst eine Waschflasche mit Kalilauge (1 Gew.-Theil Aetzkali + 2 Gew.-Theile Wasser) und zwei mit Aetzkalistückchen gefüllte grosse U-Röhren, um dann völlig kohlensäurefrei in das Respirationsgefäss zu gelangen, in welchem sich die Versuchspflanzen befinden. Die letzteren geben ihre Kohlensäure an den Luftstrom ab, der nun durch das Barytwasser hindurchstreicht, welches die Kohlensäure aufnimmt und als kohlensaures Baryt niederschlägt. Die nöthige Gleichmässigkeit des Stromes wird erreicht durch sorgfältige Regulirung des aus dem Aspirator ausfliessenden Wasserstromes. Die Temperatur im Respirationsgefäss konnte ohne besondere Schwierigkeiten durch Zugiessen von warmem oder kaltem Wasser zu dem im Umhüllungsgefäss befindlichen Wasser constant erhalten werden. Zum Titriren wurde Oxalsäure benutzt, während alkoholische Phenolphtaleinlösung als Indicator diente. Jedes Versuchsergebniss wurde doppelt festgestellt, indem von den bei jedem einzelnen Versuche angewandten 100 ccm Barytwasser zweimal je 25 ccm titrirt wurden. Da die Methode ausserordentlich zuverlässig ist, stimmten diese beiden Proben oft überein. Bei Differenzen, die übrigens nur selten über 0,2 mg hinausgingen, wurde die Durchschnittszahl festgehalten.

---

1) Eine ausführliche Beschreibung des Respirationsapparates mit Abbildungen siehe bei Detmer, Das pflanzenphysiologische Praktikum, 2. Aufl., 1895, pag. 222.

Der Apparat, welchen ich benutzte, besass übrigens nicht genau die bei Detmer abgebildete Form; kleine Abänderungen waren bedingt durch das besondere Ziel der Untersuchungen und durch das Untersuchungsobjekt selbst.

Es wurde nämlich anstatt des sonst gebräuchlichen 12—15 l fassenden Aspirators ein solcher verwandt, der etwa 50 l aufnehmen konnte. Der hierdurch erreichte Vortheil war ein zweifacher. Einmal brauchte der Strom nicht zu oft regulirt zu werden, da infolge der bedeutenden Grösse des Wasserspiegels die Höhe desselben im Aspirator sich in der Zeiteinheit nicht so schnell änderte. Dann aber — und das war für unsere Versuche wesentlich — konnten die Versuche viele Stunden durchgeführt werden, ohne durch das Füllen des Aspirators Unterbrechung zu erleiden.

Eine zweite Abänderung betrifft das Respirationsgefäss. Die Pflanzen sollten sich während des Versuches unter Wasser befinden. Der Luftstrom musste also durch die ganze Wassermasse hindurch geleitet werden, um die von den Pflanzen producirte Kohlensäure mit fortzuführen. Das Gefäss wurde daher nach dem Princip der chemischen Waschflasche eingerichtet. Ein circa 1500 ccm fassendes Glasgefäss wurde mit einem 3fach durchbohrten, gut schliessenden Gummikork versehen. Durch die mittlere Bohrung wurde ein Thermometer eingeführt, welches etwa bis in die Mitte des Gefässes reichte. In die zweite Durchbohrung war das fast bis zum Boden des Gefässes reichende Luftzuleitungsrohr eingeschoben. Die Luft, welche in dasselbe eintrat, hatte zunächst zur Vorwärmung ein in dem Wasser des Umhüllungsgefässes ruhendes Schlangenrohr zu passiren. Die dritte Durchbohrung des Korkes diente zur Aufnahme des Luftableitungsrohres.

Zu jedem Versuche wurden 1000 ccm destillirten Wassers verwandt, aus dem zuvor durch längeres Kochen die Kohlensäure ausgetrieben worden war. Kohlensäurefreies Wasser war erforderlich, wenn die Durchführung einwandfreier Controllversuche möglich sein sollte. Pflanzenmaterial wurde so viel verwandt, als in dieser Wassermenge bei völligem Untertauchen Platz fand.

Der Gang bei den Versuchen war im Wesentlichen folgender: mit den in destillirtem Wasser sich befindenden Pflanzen wurde zunächst ein zweistündiger Vorversuch durchgeführt, der den Zweck hatte, die Temperatur im Respirationsgefäss auf einen constanten Grad einzustellen und die statischen Momente der CO_2-Abgabe zu regeln. Nun wurde die Barytröhre eingeschoben und so die Kohlen-

säure fixirt, welche die in destillirtem Wasser gehaltenen Pflanzen in einer bestimmten Zeiteinheit producirten. Darauf wurde das Wasser in einem Becherglase aufgesammelt und mit der Substanz gemischt, deren Einfluss auf die Pflanzenathmung geprüft werden sollte. Die so entstandene Lösung kam jetzt wieder in das Respirationsgefäss zu den Objecten. Nach einem 40 Minuten dauernden Vorversuch wurde dann abermals die Barytröhre eingeschoben und so die Kohlensäure aufgefangen, welche die Pflanzen unter dem Einfluss der betreffenden Substanz in der Zeiteinheit producirten. Die Stärke des Luftstromes wurde bei allen diesen Versuchen (eingeschlossen die beiden Vorversuche) so regulirt, dass pro Stunde genau 3 l Wasser aus dem Aspirator ausflossen.

Die Versuchspflanzen wurden — mit Ausnahme von einigen später besonders hervorzuhebenden Fällen — drei bis vier Stunden vor der Verwendung von ihrem natürlichen Standorte weggeholt, sorgfältig abgespült und in destillirtem Wasser aufbewahrt bis zu ihrer Verwendung. In den Apparat gelangten sie nicht erst unmittelbar vor Beginn des Vorversuchs (früh morgens), sondern schon am Abend zuvor. Der während der Nacht durch den Apparat geleitete Luftstrom hatte nur $^{2}/_{3}$ der normalen Stärke (also 2 l pro Stunde). Die Temperatur des Respirationsgefässes war am Morgen (vor Beginn des Vorversuchs) meist einige Grad C. unter der normalen Versuchstemperatur und diese dann leicht zu erzielen.

Bezweckt wurde durch dieses frühzeitige Einsetzen der Pflanzen in den Apparat eine möglichst weitgehende Anpassung derselben an die veränderten Existenzbedingungen. Dass der angedeutete Zweck erreicht wurde, beweist folgender Versuch, bei welchem ein Object 56 Stunden hindurch beobachtet wurde.

Versuch 1.

Myriophyllum verticillatum: 89 Sprosse.

1. Tag	1.+2. Stunde	bei + 22° C.	= 31,2	mg CO_2
	3.+4. „	„ „ „	= 31,6	„ „
	5.+6. „	„ „ „	= 31,6	„ „
	7.+8. „	„ „ „	= 32,4	„ „
	9.+10. „	„ „ „	= 31,6	„ „
	11.+12. „	„ „ „	= 31,2	„ „
	13.+14. „	„ „ „	= 31,4	„ „

Während der Nacht einen Luftstrom von 2 l pro Stunde durch den Apparat geleitet, darauf

2. Tag
- Vorversuch = 2 Stunden und dann
- 29.+30. Stunde bei + 22° C. = 30,8 mg CO_2
- 31.+32. „ „ „ „ = 30,2 „ „

Abermals während der Nacht den Luftstrom durchgeleitet

3. Tag
- Vorversuch = 2 Stunden, dann
- 47.+48. Stunde bei + 22° C. = 30,4 mg CO_2
- Vorversuch 1½ Stunde, dann
- 53.+54. Stunde bei + 22° C. = 30,6 mg CO_2
- 55.+56. „ „ „ „ = 30,2 „ „

Durch die Resultate dieses Versuches fallen nun zugleich alle übrigen Bedenken gegen die Brauchbarkeit des Verfahrens. Besonders zeigt sich, dass die Verminderung der Kohlehydrate infolge der Oxydation während der ersten 14 Stunden des Versuchs auf die Athmungsenergie keinen Einfluss ausübt, trotzdem eine Regeneration der verbrauchten Stoffe durch die Assimilation nicht erfolgen kann.

Es ist nach diesem Versuch auch ausgeschlossen, dass die Verwundung der Untersuchungsobjecte z. B. bei Benutzung von Elodea- und Myriophyllumsprossen einen irgendwie in Betracht kommenden Einfluss auf das Resultat der Versuche geltend machte.

Schliesslich ist auch dargethan, dass unter Berücksichtigung unserer sonstigen Versuchsbedingungen ein Vorversuch von zwei Stunden vollkommen ausreicht. (Siehe Versuch 1, 3. Tag, wo schon ein Vorversuch von 1½ Stunden genügte!)

Dass die für den zweiten Vorversuch (zu Beginn der Einwirkung der Substanz) vorgesehene Zeit von 40 Minuten ebenfalls genügt, beweist Versuch 2, bei welchem nach der 6. Stunde das Wasser abgehoben, einige Zeit im Becherglas umgeschüttelt (wie bei den sonstigen Versuchen) und dann ohne jeglichen Zusatz wieder in das Respirationsgefäss gebracht wurde.

Versuch 2.

Elodea canadensis: 130 Sprosse.

Vorversuch: 2 Sunden und dann
1.—3. Stunde bei + 22° C. = 22,8 mg CO_2
4.—6. „ „ „ „ = 23,2 „ „
Vorversuch: 40 Minuten, dann
1.—3. Stunde bei + 22° C. = 23,0 mg CO_2
4.—6. „ „ „ „ = 23,0 „ „

Dieser Versuch controllirt und bestätigt ausserdem noch die Resultate des vorigen in allen Stücken, und es zeigt sich, dass die dort

beobachteten Erscheinungen nicht etwa begründet liegen in den spezifischen Organisationsverhältnissen von Myriophyllum, sondern ebenso bei Elodea — und wahrscheinlich auch bei anderen Submersen — zu constatiren sind.

Schliesslich war nun noch zu prüfen, ob überhaupt der Apparat zuverlässig functionirte insofern, als alle in den Respirationsraum eintretende Luft auch wirklich kohlensäurefrei war. Die zu diesem Zweck von Zeit zu Zeit ausgeführten Controllversuche nahmen folgenden Verlauf. Das Respirationsgefäss enhielt nur ausgekochtes destillirtes Wasser. Der Vorversuch wurde auf 20 Minuten ausgedehnt. Für die beim Versuche erforderlichen Manipulationen wurde das reichlichste Zeitmaass in Anspruch genommen, um möglichst weite Fehlergrenzen zu erhalten. Bei Versuch d) war das Respirationsgefäss ohne Wasser.

Controllversuche.

a) In 3 Stunden bei + 22° C. = 0,8 mg CO_2
b) „ 2 „ „ „ „ = 1,0 „ „
c) „ 3 „ „ „ „ = 0,6 „ „
d) „ 1½ „ „ „ „ = 0,6 „ „

B. Die Versuchsergebnisse.

Kalisalpeter. Chlornatrium. Chlorkalium.

Dass Kalisalpeter in 0,5 proc. Lösung die Athmung der Erbsenkeimpflanzen wesentlich steigert, konnte schon durch vorläufig orientirende Versuche, bei welchen die Menge des aufgenommenen Sauerstoffes bestimmt wurde, festgestellt werden.

Diese Erscheinung wurde nun nach der oben angegebenen Methode der Kohlensäurebestimmung an submersen Pflanzen weiter verfolgt. Und die Versuche führten ebenfalls zu positiven Resultaten, wie dies aus folgender Tabelle hervorgeht.

Versuch 3: KNO_3 0,5% (Elodea canadensis).
Temp.: + 22° C.

Elodea can.	Die Objecte in aqua dest. gaben CO_2 in mg		Dieselben Objecte in KNO_3 0,5% gaben CO_2 in mg			
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.	28.—30. Std.	31.—33. Std.
a) 93 Sprosse[1])	13,2	12,8	19,6	19,2	18,2	17,6
b) 125 Sprosse	17,6	17,6	22,4	22,4	20,8	19,2

1) Das Gewicht des Untersuchungsmaterials (frisch) schwankte bei den einzelnen Versuchen zwischen 80 und 140 g.

Aus diesen Versuchen ergibt sich also, dass durch Einwirkung von Kalinitrat die Athmung bei Elodea wesentlich gesteigert und längere Zeit hindurch (hier 6 Stunden) auf dieser Höhe constant erhalten wird. Nach Verlauf von 33 Stunden war die Athmungsgrösse wohl wieder gesunken, jedoch nicht bis zum Normalmaass herab.

Ueber das Wesen dieser Athmungssteigerung aber, besonders über ihre kausalen Zusammenhänge mit dem Lebensprozess, lassen die eben besprochenen Versuchsresultate kein Urtheil zu. A priori ist eine dreifache Erklärungsmöglichkeit gegeben. Die erhöhte Athemthätigkeit könnte zurückzuführen sein auf einen Reiz, welchen die Salzlösung auf das Protoplasma ausübt. Zweitens könnte sie hinweisen auf eine Förderung eines mit gesteigerter CO_2-Produktion verbundenen synthetischen Vorganges. Diese Annahme liegt deshalb nahe, weil durch das Hinzutreten reichlicher Nitratmengen zu den in der Pflanze aufgespeicherten Kohlehydraten die stofflichen Voraussetzungen zu ausgiebigerer Eiweissbildung gegeben sind. Endlich aber wäre es nicht unmöglich, dass die intensivere Athmung eine verwickelte Resultante von Reizen einerseits und Synthesen andererseits sei.

Der Lösung dieser Frage etwas näher zu kommen, war nun der Zweck einer Reihe von vergleichenden Versuchen über die Einwirkung zweier N-freien Salze, des NaCl und KCl, auf unsere Objecte. Damit die Resultate dieser Versuche direct vergleichbar wurden mit denen der Salpeterreihe, mussten die Chloride in Concentrationen angewandt werden, die der einer 0,5proc. KNO_3-Lösung isotonisch waren. Demgemäss kamen auf 1000 ccm destillirten Wassers in dem einen Falle 2,9 g NaCl, im anderen Falle 3,7 g KCl.[1]) Die auf diese Weise hergestellten Lösungen waren osmotisch völlig gleichartig einer KNO_3-Lösung von 0,5 %. Es durfte daher erwartet werden, dass nun die einzelnen Stoffe, entsprechend ihrer chemischen Individualität und ihrer Bedeutung für den Stoffwechsel der Pflanze, auch die Athmung der letzteren in einer Weise beeinflussten, die einen Rückschluss zuliess auf das Wesen der Salpeterwirkung. Der Controlle halber wurden die Salpeterversuche selbst bei dieser Gelegenheit nochmals wiederholt.

Die Resultate dieser in der ersten Hälfte des August durchgeführten Versuche sind folgende:

---

1) Vgl. De Vries, Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, 1884, Bd. 14, und Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl. 1897, Bd. 1, pag. 129.

Versuch 4: KNO_3 0,5 %.
Temp.: + 22 ° C.

Elodea canadens.	Die Objecte gaben in aqua dest. CO_2 in mg		Dieselben Objecte in KNO_3-Lösung gaben CO_2 in mg		
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.	durchschnittl. Differenz
a) 120 Sprosse . .	18,4	18,8	26,8	26,8	+ 44 %
b) 97 „ . .	13,6	13,2	19,8	19,2	+ 44 %
c) 128 „ . .	17,8	17,8	23,0	23,0	+ 29 %

Versuch 5: NaCl (2,9 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 22 ° C.

Elodea canadens.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in NaCl - Lösung gaben CO_2 in mg		
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.	durchschnittl. Differenz
a) 140 Sprosse . .	20,8	21,6	34,8	28,8	+ 50 %
b) 131 „ . .	23,2	22,8	33,2	31,8	+ 37 %
c) 119 „ . .	12,8	13,2	17,8	14,8	+ 25 %

Versuch 6: KCl (3,7 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 22 ° C.

Elodea canadens.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in KCl - Lösung gaben CO_2 in mg		
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.	durchschnittl. Differenz
a) 147 Sprosse . .	18,8	18,4	22,0	20,0	+ 13 %
b) 110 „ . .	22,2	22,2	24,0	23,0	+ 6 %
c) 125 „ . .	24,0	24,6	28,0	26,2	+ 11 %

Was lehren nun diese Versuche?

Bezüglich der Einwirkung der Salpeterlösung bestätigen sie die schon durch Versuch 3 (a und b) festgestellte Thatsache, dass unter dem Einfluss der erwähnten Lösung die Athmung erheblich steigt und mehrere Stunden hindurch sich auf gleicher Höhe hält.

Chlornatrium beschleunigt ebenfalls die CO_2-Produktion sehr lebhaft, lebhafter manchmal sogar in den drei ersten Stunden als die isotonische Kalisalpeterlösung. In den zweiten drei Stunden dagegen sinkt unter der Einwirkung von NaCl die Athmungsenergie schon

wieder merklich unter das während der ersten drei Stunden erreichte Maximum herab, nicht jedoch bis auf die normale Ausgangsintensität.

Chlorkalium dagegen beeinflusst im Vergleich zu den beiden vorhergehenden Substanzen die Respirationsintensität in nur untergeordnetem Grade. Der Verlauf der Athmungscurve aber ist bei KCl im wesentlichen derselbe wie bei NaCl, indem auf das innerhalb der ersten drei Stunden liegende Maximum eine Verminderung der Kohlensäureproduktion folgt.

Die in Durchschnittsprocenten ausgedrückte Steigerung der CO_2-Produktion ist bei den einzelnen Versuchen innerhalb der KCl-Reihe, sowie auch der NaCl- und KNO_3-Reihe verschieden. Das dürfte jedenfalls zum grössten Theil von der individuellen Beschaffenheit der verwendeten Objecte (grössere oder geringere Zahl der Blätter, Vorherrschen von Stengeltheilen, grössere oder geringere Stärke der letzteren etc.) herrühren. Auf die Brauchbarkeit der Versuchsresultate hat dieser Umstand jedoch keinen nennenswerthen Einfluss, da ja die eigentlichen vergleichenden Untersuchungen innerhalb einer Versuchsreihe immer an demselben Objecte durchgeführt wurden.

Ueber das Wesen der constatirten Athmungssteigerung wird ein gewisser Anhalt gegeben in dem schon erwähnten Verlaufe der Athmungscurven. Das bei den NaCl- und KCl-Versuchen stets schon in den zweiten drei Stunden deutlich zu beobachtende Sinken der Athmung gibt ganz dasselbe Bild, welches wir sonst bei Reizwirkungen anzutreffen gewöhnt sind. Die längere Zeit anhaltende Gleichmässigkeit dagegen in der Einwirkung der Salpeterlösung macht es bis zu einem gewissen Grade wahrscheinlich, dass die erhöhte Respiration in diesem Falle, abgesehen von einer Reizwirkung des Nitrates, auch durch Steigerung eines mit erhöhter Athmung verbundenen synthetischen Processes (vielleicht Eiweissbildung) herbeigeführt wird. Das auch bei den KNO_3-Versuchen (Versuch 3a und b) später eintretende Herabsinken der Athmungsenergie steht nicht nothwendigerweise im Widerspruch zu dieser Vermuthung, wenn man annimmt, dass dasselbe abhängt von einer allmählich eintretenden Verminderung der Kohlehydrate, die ja bei stattfindenden Synthesen in erhöhtem Maasse in Anspruch genommen würden.

Wenn sich somit aus den bisherigen Versuchen über das Wesen der durch die verschiedenen Stoffe bewirkten Athmungssteigerung etwas absolut Sicheres nicht ableiten liess, so durfte eine noch weiter gehende Aufklärung von vergleichenden Untersuchungen an kohlehydratarmen Objecten erwartet werden. Beruhte die durch Salpeter-

lösung herbeigeführte Steigerung der CO_2-Produktion zum Theil auf Förderung synthetischer Processe, so musste sie in solchen Versuchen bedeutend geringer ausfallen als bei stärkereichen Objecten, während die an Stärke armen Objecte auf NaCl dann noch in ähnlicher Weise wie stärkereiches Material reagiren dürften.

Die zu den nachfolgenden Experimenten benutzten Elodeapflanzen hatten sich genau unter denselben äusseren Bedingungen entwickelt wie die bisher verwendeten. Sie wurden in hinreichender Menge zum Zwecke partieller Entstärkung vom 28./VIII. bis 7./IX. in einem ziemlich geräumigen (etwa 24 l fassenden) cylindrischen Glasgefäss im Dunkeln gehalten. Um das erstrebte Ziel schneller und sicherer zu erreichen, wurden zu dem Leitungswasser (20 l), in welchem die Pflanzen vegetirten, geringe Mengen von schwefelsaurer Magnesia, Chlorkalium und phosphorsaurem Kalk gegeben. Die erforderliche Menge von Nitraten war im Wasser schon vorhanden. — Der Controlle halber wurde ein zweites Glasgefäss während derselben Zeit so gestellt, dass die darin sich befindenden Objecte genügend assimiliren konnten. In diesem Falle wurden die betreffenden Salze nicht beigegeben.

Nach zehn Tagen wurden die Objecte beider Kulturgefässe auf mikroskopischem Wege mit Hilfe der Jodreaction auf ihren Stärkegehalt geprüft. Die im Lichte gehaltenen Pflanzen erwiesen sich noch stärkereich wie zuvor. Die im Dunkeln kultivirten Sprosse dagegen hatten ganz bedeutend an Stärke abgenommen. Dabei waren sie — wie auch die Lichtobjecte — völlig gesund geblieben.

Zur Untersuchung kamen zuerst die Lichtobjecte. Hierbei sollte sich zeigen, ob nicht vielleicht schon der Wechsel in den Lebensbedingungen überhaupt die Reactionsfähigkeit der Pflanzen beeinflusst hatte. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Reaction auf KNO_3 und NaCl (mit KCl wurden Versuche nicht angestellt) genau in derselben Weise erfolgte wie bei den früheren Versuchen.

Die im Dunkeln gehaltenen Objecte aber producirten unter Einwirkung von 0,5proc. KNO_3-Lösung nur wenig mehr Kohlensäure als im destillirten Wasser, wie dies aus dem folgenden Versuche hervorgeht.

Versuch 7: KNO_3 0,5 %.
Temp.: + 22° C.

Elodea, partiell entstärkt	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in KNO_3 0,5 % gaben mg CO_2	
	1.—3. Stde.	4.—6. Stde.	1.—3. Stde.	4.—6. Stde.
140 Sprosse	13,2	12,8	14,0	14,0

Diese geringe Athmungssteigerung ist als Folge einer Reizwirkung aufzufassen. Eine viel stärkere Reizwirkung trat in Uebereinstimmung mit unseren früher ausgesprochenen Erwartungen durch den Einfluss des NaCl hervor.

Versuch 8: NaCl (2,9 g in 1000 ccm aqua dest). Temp.: + 22° C.

Elodea, partiell entstärkt	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in NaCl-Lösung gaben mg CO_2	
	1.—3. Stde.	4.—6. Stde.	1.—3. Stde.	4.—6. Stde.
120 Sprosse	11,2	11,0	14,8	12,4

Nach allem, was wir hier gesehen haben, ist die Erhöhung der Athmung unserer Untersuchungsobjecte durch Chloride als eine Reizwirkug anzusprechen, während das Nitrat allerdings in derselben Richtung thätig ist, aber ausserdem noch, wenn nur genügende Mengen von Kohlehydraten vorhanden sind, die Athmung durch Förderung synthetischer Processe erhöht. Diese Deutung steht wenigstens nicht in Widerspruch mit bekannten Thatsachen und mit dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft.

Auf die erwähnte Erhöhung der CO_2-Produktion z. B. bei der Eiweissbildung hat namentlich Adolf Mayer[1]) hingewiesen. Und dass die Synthese der Proteinstoffe auf Kosten von Nitraten im Dunkeln nur bei Gegenwart reichlicher Kohlehydratmengen erfolgen kann, ist neuerdings von Hanstein, Zaleski, Susuki u. A. hervorgehoben worden.[2])

Von den gewonnenen Gesichtspunkten aus lassen sich nun auch die Ergebnisse einiger weiteren Versuche verstehen, für welche anfangs jede Erklärung fehlte. Es zeigte sich nämlich im Laufe der Untersuchungen, dass Objecte, welche nicht, wie die in den Versuchen 1—8 benutzten, aus dem frei liegenden und gut beleuchteten Bassin im Garten des zoologischen Instituts zu Jena, sondern aus einem Durchstichgraben im Saalethal stammten, auf KNO_3-Lösung kaum reagirten. Dies letztere Untersuchungsmaterial war in einem an

1) Ad. Mayer, Agrikulturchemie, 3. Aufl. 1886, 1. Tl. pag. 161.

2) Hanstein: in den Berichten der deutschen Bot. Gesellschaft 1896; Zaleski ebenda 1898; Susuki: Botan. Centralblatt 1898, Bd. LXXV, pag. 289. Vgl. Jacobi, B., Die Resultate der neuesten Forschungen über den Ort und die Bedingungen der Eiweissbildung in der grünen Pflanze. Biologisches Centralblatt 1898, Bd. XVIII, Nr. 16.

Nitraten[1]) — und wohl auch an anderen Salzen — relativ reichen Wasser unter ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen gewachsen (der Graben war von hohem Buschwerk und dichtstehenden Pappeln eingeschlossen). Die dem Graben entnommenen Elodeapflanzen waren thatsächlich sehr arm an Stärke. Sie reagirten auf die Wirkung der Chloride und des Nitrats bei den Athmungsversuchen sehr schwach, während eine erheblich stärkere Reaction — wenigstens auf Nitrat — dann zu erzielen war, wenn die Elodea zunächst zehn Tage im Zimmer an einem Fenster günstigen Assimilationsbedingungen ausgesetzt blieb.

Versuch 9: KNO_3 0,5 %.
Temp.: + 22° C.

Elodea (vorher zehn Tage am Fenster)	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in KNO_3-Lösung gaben mg CO_2	
	1.—3. Stde.	4.—6. Stde.	1.—3. Stde.	4.—6. Stde.
135 Sprosse	12,2	12,6	14,6	14,4

Die Resultate dieses Versuches lassen also erkennen, dass auch hier die athmungssteigernde Wirkung des Nitrats Hand in Hand geht mit der durch reicheren Stärkevorrath gegebenen Möglichkeit einer Förderung synthetischer Processe. Wenn diese Athmungssteigerung nicht die bei den früheren Versuchen (3 und 4) constatirte Höhe erreichte, so mag das wohl seinen Grund darin haben, dass hier die zweite Seite der Nitratwirkung, der Reiz nämlich, gar nicht oder nur in geringerem Grade zur Geltung kam, weil diese Objecte ihrem salzreichen Substrat angepasst waren. Auf eine solche Anpassung weist übrigens auch die Thatsache hin, dass Chlornatrium, welches doch sonst (S. Versuch 5!) ziemlich energisch wirkt, bei frisch verwendeten Individuen dieser stärkearmen Elodea die Athmung nicht merklich beeinflusste.

Ebenso können die Resultate der folgenden Versuche mit unserer früher ausgesprochenen Ansicht in Einklang gebracht werden. Myriophyllum verticillatum reagirte nämlich Anfang Juli auf KNO_3 (0,5%) mit einer deutlich wahrnehmbaren Steigerung in der CO_2-Produktion, während im September ein Einfluss des Nitrats auf die Athmung nicht constatirt werden konnte.

1) Beim Eindampfen von 2 ccm Wasser zeigte sich nach Anwendung von Diphenylamin-Schwefelsäure deutliche Nitratreaction, während vom Wasser jenes Bassins 35 ccm zu einer einigermaassen deutlichen Reaction erforderlich waren.

Versuch 10: KNO_3 0,5 %.
Temp.: + 20 ° C.

	Myriophyllum verticill.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg			Dieselben Objecte in KNO_3 0,5 % gaben CO_2 in mg		
		1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	5. + 6. Std.	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	durchschnittl. Differenz
Anfang Juli	a) 80 Sprosse (128 g)	22,4	22,8	22,8	27,0	27,6	+ 21 %
	b) 68 Sprosse (83 g)	13,6	13,4		16,8	16,8	+ 24 %

Versuch 11: KNO_3 0,5 %.
Temp.: + 20 ° C.

	Myriophyllum verticill.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in KNO_3 0,5 % gaben CO_2 in mg	
		1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.
September	a) 53 Sprosse (108 g)	13,8	14,2	14,0	14,6
	b) 72 Sprosse (107 g)	19,8	19,6	20,2	19,8

Für die im Versuch 10 eingetretene Steigerung der Athmung ergibt sich aus dem früher Gesagten eine Erklärung ohne weiteres, zumal wenn man berücksichtigt, dass Anfang Juli alle Vegetationsprocesse lebhaft von statten gingen.

Aber auch das Ausbleiben der Reaction bei den September-Versuchen lässt sich verstehen, wenn man in Betracht zieht, dass zu dieser Zeit für Myriophyllum die Vegetation bereits ihren Abschluss gefunden hat durch Bildung der Wintersprosse. Solche Wintersprosse wurden in Versuch 11 benutzt. Da trotz des bedeutenden Stärkegehaltes dieser Organe eine Reaction nicht erfolgte, so muss man annehmen, dass in der Pflanze Bedingungen gegeben waren, welche einen Verbrauch der Reservestärke nicht ermöglichten. Die Wintersprosse von Myriophyllum bedürfen eben, genau so wie die Dauersporen und viele Samen einer Ruheperiode, um zur Weiterentwicklung gelangen zu können.

Das Verhalten der Dauersprosse zeigt also ganz klar, dass nicht etwa das Vorhandensein reichlicher Stärkemengen an sich schon genügt, um eine Athmungssteigerung infolge Nitratzufuhr herbeiführen. Es sind vielmehr

synthetische Vorgänge nöthig, d. h. die vorhandenen Kohlehydrate müssen thatsächlich mit den zugeführten Nitraten unter Mitwirkung des lebensthätigen Protoplasmas in chemische Wechselwirkung treten, wenn eine vermehrte CO_2-Produktion erfolgen soll.

Aber auch die Fähigkeit der Reizperception scheint den Wintersprossen von Myriophyllum zu fehlen; es war wenigstens im September und Oktober eine Einwirkung von NaCl und KCl nicht zu beobachten, selbst Lösungen dieser Salze, die einer 1proc. KNO_3-Lösung isotonisch waren, vermochten die CO_2-Produktion nicht zu beeinflussen. Und auch die Salpeterversuche — sowohl die mit 0,5proc. (Versuch 11) als auch solche mit 1proc. Lösung — lassen nichts von einer Reizwirkung erkennen.[1])

Die biologische Bedeutung des physiologisch-exceptionellen Verhaltens der Wintersprosse wird klar, wenn man sich die Immunität dieser Organe gegenüber den Lösungen gewisser Salze wegdenkt. Eine durch nebensächliche Ursachen eingetretene Erhöhung des Nitratgehaltes im Wasser könnte dann durch Anregung synthetischer Processe unter Umständen die Weiterentwicklung der Sprosse einleiten zu einer Zeit, welche die sonstigen Bedingungen zu einer gedeihlichen Fortentwickelung nicht zu bieten vermag. — Auch eine blosse athmungssteigernde Reizwirkung der betreffenden Salze müsste von Nachtheil sein, da doch bei gesteigerter CO_2-Produktion Stoffe verbraucht würden, welche sonst beim Aufbau der jungen Pflanze im Frühjahr eine rationellere Verwendung fänden.

Chinin.

Der Einfluss des Chinins auf den Stoffwechsel der Menschen und Thiere kommt in einer Einschränkung des Eiweissumsatzes zum Ausdruck, wie das durch Versuche am Menschen und Hunde nachgewiesen wurde.[2])

Die Einwirkung von Chininsalzen auf die thierische Athmung ist auch verschiedentlich studirt worden, doch stimmen die hierbei

---

1) Weitere Aufklärung über diese Frage würde sich vielleicht ergeben, wenn es gelänge, durch Aether- oder Chloroformnarkose im Johannsen'schen Sinne die Winterruhe der Sprosse zu unterbrechen.

2) Kremer, Pflüger's Archiv 3 pag. 93. — Prior, Pflüger's Archiv 34 pag. 237. — Unruhe, Virchow's Archiv 48 pag. 291. — Kumagawa, Virchow's Archiv 93.

gewonnenen Versuchsresultate nicht genügend überein. Zuntz[1]) beobachtete bei gesunden Menschen nach Darreichung von Chinin eine erhöhte Sauerstoffabsorption. Arntz[2]) dagegen konnte bei gesunden Kaninchen eine Einwirkung des Chinins auf den O-Verbrauch nicht feststellen, während er bei fiebernden Thieren durch das Gift eine ziemlich starke Herabsetzung der Sauerstoffaufnahme beobachtete. Auch Strassburg[3]) fand das Chinin ohne Einfluss auf die Athmung (CO_2-Ausscheidung) und zwar bei tracheotomirten, sonst normalen Kaninchen. Bauer und Böck[4]) wieder kommen zu dem Resultat, dass Chinin die Athmung herabsetzt (bei Hunden und Katzen), was Buss[5]) auch vom fiebernden Kranken angibt.

Einigermassen sicher scheint es daher nach diesen Versuchen, dass Chinin im fiebernden thierischen Organismus die Athmungsenergie herabsetzt. Auf gesunde Menschen und Thiere dürfte das Gift in eben derselben Richtung einwirken, wenigstens gewinnt diese Ansicht an Wahrscheinlichkeit durch die Thatsache, dass Zuntz selbst gegen seine Resultate Bedenken hegt.

Um so überraschender war nun die aus unseren Versuchen sich ergebende Thatsache, dass Chinin die Kohlensäureproduktion bei Elodea ganz bedeutend steigert.

Versuch 12: Chin. hydrochl. 0,01 %.
(0,1 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Chinin 0,1 % gaben CO_2 in mg	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
a) 180 Sprosse	16,4	17,2	23,2 (+38 %)	29,2
b) 140 "	14,8	14,6	20,4 (+39 %)	25,6

1) Du Bois, Archiv 1894 pag. 203.
2) Arntz, Pflüger's Archiv 31 pag. 531.
3) Strassburg, Archiv für exp. Pathologie 2 pag. 334.
4) Bauer und Böck, Zeitschrift für Biologie 10.
5) Buss, Ueber Wesen und Behandlung des Fiebers, Stuttgart 1878, pag. 75.

Versuch 13: Chin. hydrochlor. 0,25 %.
(2,5 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Chinin 0,25 % gaben CO_2 in mg			
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.	18.—21. St.	22.—24. St.
a) 167 Sprosse	20,4	20,8	32,0 (+ 55 %)	24,0	20,8	20,8
b) 83 „	12,6	12,6	22,0 (+ 74 %)	17,0		

Versuch 14: Chin. hydrochlor. 1 %.
(10 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Chinin 1 % gaben CO_2 in mg			
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.	10.—13. St.	22.—24. St.
116 Sprosse	11,6	11,4	35,6 (+209 %)	20,7	12,0	8,2

Das Chinin wirkt also, wie aus diesen Versuchen zu ersehen ist, ähnlich wie die Chloride, nur der Intensität nach energischer. Je nachdem es in schwacher oder starker Concentration zur Anwendung kommt, tritt das Maximum der Reizwirkung später (Versuch 12) oder früher (Versuch 13 und 14) ein.

Die Dauer der athmungssteigernden Wirkung ist ebenfalls abhängig vom Concentrationsgrad der Lösung. Bei 0,25proc. Lösung (Versuch 13) ist die Athmungsenergie in der 18.—24. Stunde (vielleicht auch schon früher) auf der normalen Ausgangsgrösse angelangt und sinkt während dieser Zeit nicht unter die Norm herab; bei Anwendung von 1proc. Lösung aber ist die Steigerungscurve schon nach zehn Stunden überwunden, und während der 22.—24. Stunde zeigt sich unternormale CO_2-Produktion.

Wie weit hierbei theilweises Absterben oder weitgehende Schädigungen der Versuchsobjecte in Betracht kommen, ist nicht mit Sicherheit festgestellt worden. Wenn aber in Versuch 13 zuletzt noch (18.—24. Std.) sechs Stunden hindurch die Athmungsenergie gleichmässig normal blieb, so darf man annehmen, dass tiefgreifende Schädigungen der Objecte nicht vorlagen. Wohl aber wird die bei Anwendung 1proc. Lösung (Versuch 14) in der 22.—24. Stunde ein-

tretende unternormale Athmung auf derartige Ursachen zurückzuführen sein. Dafür spricht auch der ganze äussere Eindruck, den die Objecte nach Abschluss des Versuchs machten. Die Pflanzen hatten eine eigenthümliche bläulichgrüne Farbe angenommen und gingen, in Leitungswasser gebracht, zu Grunde.

Uebrigens entsprechen die Resultate in Versuch 14 nicht genau der bei diesem Versuche in Anwendung gebrachten Menge des Chinins, da infolge der relativ geringen Löslichkeit dieses Körpers ein beträchtlicher Theil des Salzes sich ungelöst zu Boden setzte.

Dass die Resultate der Chininversuche durch etwaige Zersetzung des Chinins ausserhalb des Pflanzenkörpers bedingt sein könnten, schien von vornherein ausgeschlossen, da ja Chinin als ein ziemlich beständiger Körper bekannt ist. Trotzdem aber waren einige Controllversuche sum Zwecke der Sicherstellung unserer Versuchsergebnisse nothwendig.

Zunächst war nachzusehen, ob salzsaures Chinin etwa schon beim Auflösen in destillirtem Wasser von $+20^{0}$ C. Kohlensäure abspaltet. In 1000 ccm ausgekochten Wassers von der angegebenen Temperatur wurden 10 g Chinin gelöst. Diese Lösung gab — nach einem Vorversuch von 30 Minuten —

in 3 Stdn.: 0,6 mg CO_2,

also eine CO_2-Menge, welche innerhalb der gewöhnlichen Fehlergrenze liegt.

Nun war aber die Möglichheit einer Kohlensäureentwickelung ausserhalb der Pflanzen durch diesen Controllversuch immer noch nicht ausgeschlossen, denn das Chinin konnte ja in chemische Wechselwirkung treten mit Stoffen, welche von den Pflanzen infolge des Giftreizes ausgeschieden wurden. Dieses Bedenken sollte ein Versuch mit todtem Pflanzenmaterial haben. 130 Elodeasprosse wurden durch Kochen in einem Becherglase mit destillirtem Wasser (1000 ccm) getödtet. Nachdem das Glas mit seinem Inhalte in einem CO_2-freien Raume abgekühlt war, gelangten die Objecte sammt der Flüssigkeit unter Zusatz von 10 g salzsaurem Chinin in das Respirationsgefäss. Nach Beendigung eines Vorversuches von 35 Minten ergab sich in zwei Stunden bei $+20^{0}$ C. eine CO_2-Menge von 1,6 mg. Dieses Versuchsresultat überschreitet also die durchschnittliche Fehlergrenze um ein Geringes; das wird aber begreiflich, wenn man bedenkt, dass die getödteten CO_2-freien Objecte bei der Ueberführung in den Apparat eine grosse Absorptionsfläche für Aufnahme athmosphärischer Kohlensäure bieten.

Durch das Abtödten der Pflanzen bei dem eben besprochenen Controllversuche waren aber Bedingungen gegeben, die einen directen Vergleich mit den an lebenden Objecten durchgeführten Hauptversuchen (12—14) nicht zuliessen. Es konnten z. B. die von der Pflanze eventuell ausgeschiedenen Stoffe durch das Kochen ihre Constitution verändert haben, so dass sie nun der Chininlösung gegenüber sich ganz anders verhielten als sonst. Es gelangte daher noch ein weiterer Controllversuch zur Durchführung. Ausgegangen wurde dabei von der Thatsache (Versuch 12a und b), dass eine 0,01proc. Chininlösung während der ersten sechs Stunden ihrer Einwirkung auf die Objecte ganz sicher eine allmähliche Steigerung der CO_2-Produktion verursacht. Wenn daher das Chinin thatsächlich auf von der Pflanze ausgeschiedene Stoffe zersetzend einwirkt, so musste auch die Steigerung in der CO_2-Abgabe im Prinzip fortdauern, selbst wenn etwa nach den ersten zwei Stunden die lebenden Objecte aus der Lösung herausgenommen wurden.

Versuch 15: Chin. hydrochlor. 0,01 %.
(0,1 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Elodea canadensis (frisch)	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselb. Objecte in Chinin 0,01 %	Dieselbe Chininlösung ohne die Objecte	
	1.+2. Std.	3.+4. Std.	1.+2. Std.	3.+4. Std.	5.+6. Std.
120 Sprosse	15,4	15,2	20,2	9,4	5,6

Es wurden hier also die Objecte, nachdem sie zwei Stunden hindurch mit der Chininlösung in Berührung gewesen waren, aus dem Respirationsgefäss entfernt. Die Lösung selbst ging zum Zwecke der Reinigung von pflanzlichen Bestandtheilen durch feine Gaze und gelangte dann wieder in den Apparat. Die Kohlensäure, welche sich noch in der 3.—6. Stunde aus der Chininlösung ergab, war im Versuchswasser noch gelöst und wurde nun in allmählich sich vermindernder Quantität an das Barytwasser abgegeben.

Somit geht aus alledem unter Berücksichtigung der Resultate unserer Controllversuche hervor, dass die in den Versuchen 12—14 beobachtete Steigerung der CO_2-Produktion als eine Folge der Reizwirkung des Chinins auf die lebenden Pflanzen betrachtet werden muss.

Antipyrin.

Auf den animalischen Organismus wirkt Antipyrin ähnlich wie Chinin: es setzt den Stoffwechsel des thierischen Körpers herab, besonders verhindert es die febrile Steigerung des Eiweisszerfalles, wodurch eine Abnahme der N-Ausscheidung bedingt wird.[1])

Ueber die Einwirkung des Antipyrins auf die thierische Respiration speciell haben mir Mittheilungen nicht vorgelegen.

Die Untersuchungen über den Einfluss des Antipyrins auf die vegetabilischen Oxydationsprocesse ergaben, dass auch dieser Körper — wie Chinin und die Chloride — die Athmung von Elodea wesentlich beschleunigt.

Versuch 16: Antipyrin 0,01 %.
(0,1 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Antipyrin gaben CO_2 in mg	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
123 Sprosse	14,6	14,8	18,4 (+ 25 %)	19,0 (+ 29 %)

Versuch 17: Antipyrin 0,25 %.
(2,5 g in 1000 ccm auqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Antipyrin 0,25 % gaben CO_2 in mg	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
a) 134 Sprosse . . .	13,2	13,2	18,4 (+ 39 %)	19,8 (+ 50 %)
b) 130 „ . . .	16,4	16,2	20,2 (+ 24 %)	22,4 (+ 37 %)
c) 140 „ . . .	18,0	17,8	20,4 (+ 14 %)	23,8 (+ 33 %)

Versuch 18: Antipyrin 1 %.
(10 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Antipyrin 1 % gaben CO_2 in mg	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
a) 115 Sprosse . . .	11,6	11,8	18,0 (+ 54 %)	19,8 (+ 69 %)
b) 138 „ . . .	14,8	14,6	20,8 (+ 42 %)	23,4 (+ 59 %)

1) Engel, Würzburger Dissertation. 1885.

Wie aus der procentischen Zunahme der CO_2-Produktion in diesen Versuchen zu ersehen ist, wächst die Stärke der Reizwirkung mit zunehmender Concentration innerhalb der hier gegebenen Grenzen. Das Reizmaximum tritt bei Antipyrin nicht so früh ein, wie bei Chinin, was um so bemerkenswerther ist, als bei der 1proc. Antipyrinlösung die Substanz vollständig in Lösung geht und auf die Objecte einwirken kann, während, wie dies schon betont wurde, in der 1proc. Chininlösung die Substanz bei weitem nicht vollständig in ihrer Wirkung zur Geltung kommt. Es scheint also das Antipyrin weniger energisch auf die Athmung unserer Objecte einzuwirken, obgleich beide Körper in derselben Richtung thätig sind. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass wir es bei diesem Vergleich zwischen den Chinin- und Antipyrinversuchen nicht mit isotonischen Lösungen zu thun haben.

Eine Controlle der Resultate war für die Antipyrinversuche ebenso am Platze wie für die Versuche mit Chinin, zumal wir wissen, dass Antipyrin weniger beständig ist als Chinin. Die folgenden Controllversuche lassen aber die Resultate der Experimente 16—18 völlig einwandfrei erscheinen, indem sie zeigen, dass nebensächliche Processe auf die Versuchsergebnisse nicht von Einfluss waren.

Eine 0,25proc. Antipyrinlösung gab in drei Stunden 0,8 mg CO_2.

Ein zweiter, analog dem Versuche 15 durchgeführter Controllversuch lieferte folgendes Ergebniss:

Versuch 19: Antipyrin 0,25 %.
(2,5 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Elodea (frisch)	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Antipyrin 0,25 %	Dieselbe Antipyrin-Lösg. ohne d. Objecte.	
	1.+2. Std.	3.+4. Std.	1.+2. Std.	3.+4. Std.	5.+6. Std.
145 Sprosse	15,6	15,8	19,8	8,6	5,0

Schilddrüse.

Die Schilddrüse spielt seit einigen Jahren in der Organtherapie eine hervorragende Rolle. Nachdem man beobachtet hatte, dass bei Kropf- und Myxoedemerkrankungen, sowie auch bei Fettleibigkeit infolge der Behandlung mit Hammelschilddrüse ein Schwinden des Unterhautfettgewebes eintrat, suchte man sich über die Art und Weise dieser

rapiden Wirkung der Schilddrüse durch Stoffwechselversuche weiter zu orientiren. Das gleichlautende Ergebniss einer grossen Anzahl von Versuchen war „eine Vermehrung der Stickstoffausscheidung unter gleichzeitiger Abnahme des Körpergewichts“ [1]; infolge dessen schloss man auf eine Beschleunigung des Eiweisszerfalles durch die Schilddrüse. Es soll jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass auch vereinzelte Untersuchungen vorliegen, nach denen die oben charakterisirte Wirkung der Schilddrüse ausblieb (vgl. Schöndorff l. c. pag. 397).

Andere Forscher [2]) suchten dann auf dem Wege des Respirationsversuches ein tieferes Verständniss über die Wirkungsweise der Thyreoidea zu gewinnen und beobachteten eine „bedeutende Steigerung des Oxydationsprocesses unter dem Einflusse der Schilddrüsenfütterung, wobei der Organismus, wie sich aus der Gewichtsabnahme kundgibt, seinen eigenen Bestand angreift“. (Schöndorff l. c. pag. 398.) Der Gewichtsverlust dürfte bei allen diesen nur kurze Zeit andauernden Versuchen zum grössten Theil zurückzuführen sein auf einen Verlust an Körperfett.

Die Frage, ob durch die Darreichung der Schilddrüse auch Eiweissstoffe angegriffen werden, beantwortet Schöndorff in seiner schon citirten Arbeit auf Grund ausgedehnter Untersuchungen folgendermaassen (pag. 413): „Die Schilddrüse ruft eine Steigerung der Oxydationsprocesse im Organismus hervor. Zur Deckung des gesteigerten Bedarfs wird zunächst das Körperfett angegriffen und verbraucht; wenn die Menge des Fettes, welches der Körper enthält, eine gewisse untere Grenze erreicht hat, dann wird auch das Eiweiss angegriffen. Die Menge des dann weiter verbrauchten Fettes ist natürlich dann entsprechend geringer.“

Die eigentlich wirksame Substanz in der Thyreoidea ist das von Baumann [3]) isolirte Thyrojodin, eine Jodverbindung, welche

---

1) Schöndorff, Ueber den Einfluss der Schilddrüsse auf den Stoffwechsel. Pflüger's Archiv Bd. 67 1897. Hier finden sich auch weitere Litteraturangaben über diesen Gegenstand.

2) Magnus-Levy, Versuche mit Thyreoantitoxin und Thyreojodin. Deutsche med. Wochenschrift 1896 Nr. 31. Stüve, Festschrift des städt. Krankenhauses in Frankfurt a. M. 1896. Nehring und Thiele, Zeitschrift f. klin. Med. Bd. 30, 1896, pag. 41.

3) Zeitschrift f. physiologische Chemie Bd. 31 Heft 4.

nach Versuchen von Roos[1]) u. A. in derselben Weise auf den Stoffwechsel einwirkt wie die Schilddrüse in Substanz, während S. Fränkel's Thyreoantitoxyn nach Magnus-Levy (l. c. pag. 492) „so gut wie keine Wirkung" zeigt.

Es war nun von Interesse, die Wirkung der Schilddrüse auf unsere pflanzlichen Objecte kennen zu lernen. In dem einen Falle (Vers. 20) wurde frische Schilddrüse vom Schwein benutzt, im anderen Falle (Vers. 21) kam das Merck'sche Präparat pulverisirter Hammelschilddrüse zur Verwendung.

Versuch 20: Frische Schilddrüse (vom Schwein).

Es wurden 10 g frischer Schilddrüse, fein zerkleinert, mit 100 ccm aqua dest. (+ 16° C.) zusammen in eine verdeckte Glasschale gebracht und öfter umgeschüttelt. Nach 30 Minuten wurde die Mischung durch (zuvor in destillirtem Wasser gekochte) Leinwand gepresst und die durchgepresste dicke Flüssigkeit filtrirt. Von dem nun durch Filtration erhaltenen dünnflüssigen Extract kamen beim Versuch 50 ccm auf 1000 ccm Wasser. Selbstverständlich wurde der Extract zu Versuch b von neuem aus frischem Material hergestellt.

50 ccm Schilddrüsen-Extract
in 1000 ccm aqua dest.
Temp.: + 16° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte bei Zusatz von 50 ccm Extract	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
a) 110 Sprosse (grosse)	19,6	19,2	24,8	27,2
b) 100 „	11,0	11,4	17,8	22,0

Versuch 21: Glandula Thyreoidea pulv.
(Präparat von Merck-Darmstadt.)

In diesem Falle wurden 5 g Schilddrüsenpulver mit 100 ccm aqua dest. zusammen in der beim vorigen Versuch angegebenen Weise behandelt. Von dem Extract kamen

in Versuch a: 5 ccm,
in Versuch b: 50 ccm auf je 1000 ccm aqua dest.

---

1) Zeitschrift f. physiologische Chemie Bd. 32 pag. 18.

a: 5 ccm Extract in 1000 ccm aqua dest.
Temp.: + 16 °C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte bei Zusatz von 5 ccm Extract	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
130 Sprosse	14,0	14,0	19,2 (+37%)	19,8

b: 50 ccm Extract in 1000 ccm aqua dest.
Temp.: + 16 °C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte bei Zusatz von 50 ccm Extract	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
112 Sprosse	12,0	12,2	26,0 (+115%)	24,0

Nach diesen Versuchen bedingt also Schilddrüse, sowohl frisch, als auch im Trockenpräparat, eine bedeutende Steigerung der Respiration bei Elodea. Bei der ziemlich starken Concentration der Lösung ist in Versuch 21 b das Maximum bereits in den ersten drei Stunden erreicht, während bei Versuch 21 a mit bedeutend schwächerer Lösung die Steigerung in den zweiten drei Stunden noch ganz schwach weiter geht.

Gluzinski und Lemberger[1]) geben an, dass frische Schilddrüsensubstanz im animalischen Organismus unvergleichlich energischer wirkt als die von ihnen benutzten Tabletten. Ob auch bei Pflanzen das Trockenpräparat sich weniger wirksam zeigt, lässt sich nach unseren Versuchen nicht entscheiden, da ein einheitlicher Maassstab für diesen Vergleich gänzlich fehlt.

Zur Sicherstellung der Resultate wurden auch mit Schilddrüse Controllversuche durchgeführt, welche zeigten, dass die Extracte an sich keine Kohlensäure abgaben.

Controllversuche.
Temp.: + 16 °C.

a) 30 ccm Extract vom Merck'schen Präparat in 1000 ccm aqua dest. gaben in drei Stunden: 1,2 mg CO_2.
b) 50 ccm Extract von frischer Schilddrüse (Schwein) in 1000 ccm aqua dest. gaben in zwei Stunden: 0,6 mg CO_2.

1) Centralblatt f. innere Med. 1897 Nr. 4 pag. 101.

Jod.

Versuch 22: Jodlösung.

(200 ccm einer bei + 15 ° C. gesättigten Lösung metallischen Jodes kamen zu 800 ccm aqua dest.)

Temp.: + 16 ° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in der angegebenen Jodlösung	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
112 Sprosse	11,6	11,2	23,6	16,4

Jod wirkt also in der hier angewandten Concentration ähnlich wie die stärkere Dosis des Schilddrüsenpräparates im Versuch 21 b. Für die Frage aber, ob Jod die conditio sine qua non der Thyrojodinwirkung sei, ist damit natürlich nichts gewonnen, denn in seinen chemischen Verbindungen wirkt ein Körper ja zumeist anders als im elementaren Zustande.[1])

Anhangsweise sollen hier noch einige Versuche mitgetheilt werden, aus denen hervorgeht, dass bei Erbsenkeimpflanzen die Respiration durch Chinin, Antipyrin, Schilddrüse und Jod in derselben Weise beeinflusst wird, wie bei Elodea.

Die für die Versuche bestimmten Erbsen gelangten nach 24stündigem Quellen in destillirtem Wasser in das aus feuchtem Sägemehl hergestellte Keimbett, verblieben in letzterem zwei Tage und wurden dann Athmungsversuchen unterworfen, bei denen sich die Objecte, genau wie früher die Elodeapflanzen, in Wasser resp. in einer Lösung der zu prüfenden Substanz befanden. Die Entwickelung der Keimpflänzchen war bis zum Beginn des Athmungsversuchs jedesmal so weit fortgeschritten, dass das Würzelchen eben die Samenschale durchbrach. Die CO_2-Produktion der Objecte war in diesem Entwickelungsstadium, wie besondere Versuche ergaben, normalerweise constant, wenigstens innerhalb einer für unsere Versuche erforderlichen Zeit von 10 Stunden. Die Keimlinge wurden unmittelbar vor Beginn des zweistündigen Vorversuchs in den Apparat gebracht.

---

1) Vgl. M. Matthes (Centralblatt f. innere Med. Bd. 18, 1897, pag. 156): „Es ist biologisch sehr schwer vorstellbar, dass Jod, obwohl es sicher bei manchen Säugethierarten in der Schilddrüse sich nicht finden lässt, trotzdem für andere Säuger eine so stupende Wirksamkeit haben sollte."

Versuch 23: Chin. hydrochlor. 0,25 %.
(2,5 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Keimpflanzen von Pisum sat.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Chin. 0,25 % gaben CO_2 in mg	
	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.
180 Stück	19,0	18,8	19,2	20,8

Versuch 24: Antipyrin 0,25 %.
(2,5 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Keimpflanzen von Pisum sat.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Antipyrin 0,25 % gaben CO_2 in mg	
	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.
180 Stück	18,8	18,8	23,2	25,4

Versuch 25: Glandula Thyreoidea (Merck's Präp.).
(50 ccm des in Versuch 21 benutzten Extractes in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Keimpflanzen von Pisum sat.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte nach Zusatz von 50 ccm Extract	
	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.
220 Stück	27,2	27,8	30,2	34,0

Versuch 26: Jod.
(200 ccm einer bei + 15 ° C. gesättigten Lösung metallisch. Jodes zu 800 ccm aqua dest.)
Temp.: + 16 ° C.

Keimpflanzen von Pisum sat.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Jodlösung gaben CO_2 in mg	
	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.
120 Stück	16,0	15,8	18,0	18,8

Chinin, Antipyrin, Schilddrüse und Jod wirken also auch auf Erbsenkeimpflanzen athmungssteigernd, jedoch in geringerem Grade und mehr allmählich als auf Elodea.

Eine nur schwache und vorübergehende Steigerung der Athmung

zeigten Erbsen bei Einwirkung einer 0,67proc. (isotonisch = 0,5 % KNO_3) Oxalsäurelösung, und nach Kupfersulfat[1]) 0,3 % trat ein Sinken der respiratorischen Thätigkeit unserer Objecte ein.

Versuch 27: Oxalsäure 0,67 %.
(6,7 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Keimpflanzen von Pisum sat.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg			Dieselben Objecte in Oxalsäurelösung gaben CO_2 in mg		
	1. Std.	2. Std.	3. Std.	1. Std.	2. Std.	3. Std.
200 Stück	12,0	12,8	12,8	15,4	12,8	9,0

Versuch 28: Kupfersulfat 0,3 %.
(3 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Keimpflanzen von Pisum sat.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Kupfersulfat 0,3 %	
	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.
260 Stück	33,8	34,2	33,4	30,6

III. Die Veränderung der Assimilation durch Kalinitrat, Chlorkalium, Chlornatrium, Chinin, Antipyrin, Schilddrüse und Jod.

Die im vorhergehenden Abschnitte nachgewiesene Athmungssteigerung durch die in der Ueberschrift erwähnten Körper bedingt einen Aufwand an Kohlehydraten, der über das normalerweise erforderliche Maass hinausgeht. Es liegt nun die Frage nahe, ob dieser Mehraufwand einen thatsächlichen Verlust bedeutet oder ob dann, wenn die Pflanzen nicht — wie bei unseren bisherigen Versuchen — im Dunkeln, sondern im Licht gehalten werden, durch Beschleunigung der photosynthetischen Processe infolge der Wirkung jener Substanzen die gesteigerten Athmungsverluste wieder ausgeglichen werden können. Im Interesse der Entscheidung dieser Frage gelangte eine Reihe von Versuchen zur Durchführung, durch welche der Einfluss der oben genanten Substanzen auf die Assimilation festgestellt werden sollte. Es kamen hierbei die Stoffe in der den Athmungsversuchen zu Grunde liegenden Concentrationen zur Verwendung.

1) Vgl. Henri Coupin, Ueber die Giftigkeit der Kupfersalze für die höheren Pflanzen. Compt. rend. 1898, F. CXXVII, pag. 400. Coupin fand, dass eine Kupfersulfatlösung von 0,005555 % genügt, um beim Getreide die Keimung zu verhindern

A. Methodisches.

Als Versuchsobject dienten Elodeasprosse von 8—10 cm Länge. Die Assimilationsenergie wurde an der Menge des ausgeschiedenen Sauerstoffs gemessen und zwar mit Hilfe der von Dutrochet[1]) zuerst angewendeten und durch Sachs[2]) dann weiter ausgebildeten Methode der Blasenzählung. Dass diese von verschiedenen Seiten [3]) als ungenau bezeichnete Methode bei Beobachtung gewisser Vorsichtsmassregeln ein befriedigendes Bild der Assimilationsenergie liefern kann, geht aus den Arbeiten von Adolf Mayer[4]), Pfeffer[5]), Wolkoff[6]), Frank Schwarz[7]) u. A. zur Genüge hervor. Für unsere vergleichenden Versuche genügte das erwähnte Verfahren um so mehr, als eine quantitative Bestimmung der absoluten Menge des entweichenden Sauerstoffs nicht beabsichtigt war; es sollte nur im Allgemeinen festgestellt werden, in welcher Richtung die betreffenden Substanzen auf die Assimilation einwirken.

Der bei den Experimenten benutzte einfache Apparat bestand im Wesentlichen aus einem etwa 300 ccm fassenden cylindrischen Glasgefäss, dessen Kork dreifach durchbohrt war. Die mittlere Bohrung enthielt einen bis zum Boden des Gefässes reichenden Glasstab, an dem die Elodeasprosse mittelst dünnen Drahtes vorsichtig befestigt wurden. Von den beiden seitlichen Durchbohrungen blieb die eine offen, damit beim Flüssigkeitswechsel die Pipette in das Gefäss eingeführt werden konnte; die andere nahm ein Thermometer auf, welches, bis in die Mitte des Gefässes reichend, die Temperatur der im Gefäss sich befindenden Flüssigkeit angab.

Das für die Versuche zu benutzende Wasser wurde 24 Stunden zuvor der Leitung entnommen und bis zur Verwendung in einem verschlossenen Zweiliterkolben in dem Raum aufbewahrt, in welchem die Versuche ausgeführt wurden. Auf diese Weise blieb der CO_2-Gehalt des Wassers constant und die Zimmertemperatur übertrug sich auf das Wasser, so dass während des Versuches dann eine irgendwie erhebliche Temperaturschwankung nicht eintrat.

Beim einzelnen Versuch kamen stets 200 ccm von diesem Wasser

1) Dutrochet, Mémoires etc. Brüssel 1837 pag. 182.
2) Sachs, Bot. Zeitung 1864 pag. 363.
3) Vgl. N. C. Müller, Pringsheims Jahrbücher Bd. 6.
4) Agriculturchemie 3. Aufl. 1886.
5) Arbeiten des bot. Instituts in Würzburg 1. Bd. 1874.
6) Pringheims Jahrbücher Bd. 5.
7) Untersuchungen aus dem bot. Institut zu Tübingen 1. Bd.

zur Verwendung. Es wurde zunächst durch Zählen der in je zwei Minuten ausgeschiedenen Gasblasen die Assimilationsenergie festgestellt, welche der Spross im Wasser zeigte. War die Gasabscheidung 15—25 Minuten hindurch gleichmässig geblieben, so wurde das Wasser mittelst einer genügend grossen Pipette vorsichtig abgehoben und in einem Erlmeyer'schen Kolben mit einer ziemlich concentrirten Lösung derjenigen Substanz gemischt, deren Einwirkung auf die Assimilation geprüft werden sollte. Wenn z. B. der Einfluss einer 0,5proc. KNO_3-Lösung festgestellt werden sollte, so kamen von den 200 ccm Wasser 195 ccm in den Kolben und wurden hier mit 5 ccm einer 20proc. KNO_3-Lösung[1]) gemischt. Die so erhaltene Lösung gelangte nun wieder durch die offene Bohrung des Korkes in den Apparat, ohne dass letzterer in irgend welcher Weise seine Stellung zum einfallenden Licht veränderte. Nun konnte durch Zählen der vom Elodeaspross abgeschiedenen Gasblasen die Assimilationsgrösse unter dem Einfluss der Substanz bestimmt werden. Die oben beschriebene Art des Flüssigkeitswechsels, welche im Durchschnitt eine Zeit von $1^1/_2$—2 Minuten in Anspruch nahm, wurde gewählt, damit das Object während des ganzen Versuchs die Position zum Lichte nicht änderte.

Die Experimente sind im Juli und August hinter einem nach Norden gelegenen Fenster vorgenommen worden. Nur solche Versuche sind vollständig durchgeführt worden, bei denen innerhalb des einzelnen Versuches Temperatur und Beleuchtungsverhältnisse fast völlig constant waren; schwankte einer dieser Factoren, so wurde der Versuch abgebrochen und ohne weitere Beachtung gelassen. Im Allgemeinen dagegen schwankte die Temperatur zwischen $+ 18^0$ C. und $+ 22^0$ C., so dass z. B. der ganze Versuch a) bei einer Temperatur von $+ 19^0$ C., der Versuch b) aber bei $+ 20^0$ C. durchgeführt wurde.

Nicht ohne Weiteres ausgeschlossen erschien von vornherein eine Beeinträchtigung der Versuchsresultate durch die infolge des Flüssigkeitswechsels etwa eintretende Veränderung im CO_2-Gehalt des Wassers. Um diesen Factor zu controlliren, wurde in verschiedenen Versuchen, nachdem 20 Minuten hindurch die Zahl der abgeschiedenen Gasblasen bestimmt worden war, das Wasser abgehoben, in den Kolben gebracht und dann ohne jeden Zusatz wieder in den Apparat übergeführt. Es zeigte sich da allerdings häufig während der ersten 3—4 Minuten nach der Berührung des Wassers mit den Objecten eine erhöhte Gasblasenabscheidung; diese rührt aber wohl daher, dass der Gasdruck

1) Zur Herstellung derselben diente ebenfalls Leitungswasser aus dem Zweiliterkolben.

in den Intercellularen jetzt ein etwas höherer war, weil die Objecte nicht mehr von atmosphärischer Luft, wie in der kurzen Zwischenzeit, sondern wieder von Wasser umgeben waren. Von dieser also durch rein mechanische Ursachen herbeigeführten Steigerung der Gasabscheidung wurde bei den Versuchen abstrahirt, indem stets erst mit der 5. Minute nach Einwirkung der Substanzlösung die Zählung der Blasen begann.

Es ist auch stets eine grosse Zahl von Versuchen angestellt, um so ganz sicher das nur Zufällige von der regelmässigen Erscheinung zu trennen. Die in den folgenden Tabellen angeführten Resultate sind nur ein geringer Procentsatz der überhaupt gewonnenen Ergebnisse, mit denen sie dahin übereinstimmen, dass durch die bei den Athmungsversuchen angewandte Concentration von Kalisalpeter, Chlorkalium, Chlornatrium, Chinin, Antipyrin, Schilddrüse und Jod die Assimilation herabgedrückt, in manchen Fällen sogar sistirt wird.

B. Versuchsergebnisse.[1])

Reihe 1: KNO_3 0,5 % (Object Elodea canadensis).

a			b			c		
Zeit	In Wasser. Bläschen	In KNO_3-Lösung. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In KNO_3-Lösung. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In KNO_4-Lösung. Bläschen
1.+2. Min.	128	82	1.+2. Min.	80	69	1.+2. Min.	39	22
5.+6. „	133	72	5.+6. „	81	65	5.+6. „	39	21
10.+11. „	134	70	10.+11. „	79	62	10.+11. „	37	21
15.+16. „	132	70	15.+16. „	80	61	15.+16. „	38	21
20.+21. „	133	70	20.+21. „	80	60	20.+21. „	38	21
25.+26. „	—	68	25.+26. „	—	60	25.+26. „	—	21
30.+31. „	—	69	30.+31. „	—	59	30.+31. „	—	21
35.+36. „	—	70	35.+36. „	—	60	35.+36. „	—	22
			40.+41. „	—	60	40.+41. „	—	21

In Versuch c ergaben sich weiter in KNO_3-Lösung nach drei Stunden ebenfalls 22, 21 Bläschen. — Jetzt wurde die 0,5proc. KNO_3-Lösung ersetzt durch Leitungswasser; es ergaben sich bei der Zählung in je zwei Minuten: 40, 38, 37, 36, 37, 37 Bläschen.

---

1) Die Ziffern in den einzelnen Rubriken sind in senkrechter Reihe zu verfolgen. Es wurde z. B. in Versuch a, Reihe 1, das Object erst 21 Min. nacheinander in Wasser beobachtet und kam dann erst in KNO_3-Lösung, in welcher es 36 Min. hindurch beobachtet wurde.

Reihe 2: NaCl 0,29 % (is. = 0,5 % KNO_3).

Object: Elodea canadensis.

a			b			c		
Zeit	In Wasser. Bläschen	In NaCl-Lösung. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In NaCl-Lösung. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In NaCl-Lösung. Bläschen
1.+2. Min.	19	12	1.+2. Min.	41	32	1.+2. Min.	49	49
5.+6. "	20	11	5.+6. "	42	32	5.+6. "	51	46
10.+11. "	20	10	10.+11. "	42	30	10.+11. "	50	42
15.+16. "	20	10	15.+16. "	42	28	15.+16. "	50	40
20.+21. "	—	11	20.+21. "	—	26	20.+21. "	51	39
25.+26. "	—	11	25.+26. "	—	24	25.+26. "	—	38
30.+31. "	—	12	30.+31. "	—	23	30.+31. "	—	36
35.+36. "	—	12	35.+36. "	—	22	35.+36. "	—	35
40.+41. "	—	11	40.+41. "	—	22			
45.+46. "	—	12	45.+46. "	—	23			
			50.+51. "	—	22			

In Versuch a: die NaCl-Lösung durch eine gleiche Menge von Leitungswasser ersetzt: 22, 20, 20, 19, 20 Bläschen in je 2 Minuten.

Reihe 3: KCl 0,37 % (is. = 0,5 % KNO_3).

Object: Elodea canadensis.

a			b			c		
Zeit	In Wasser. Bläschen	In KCl-Lösung. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In KCl-Lösung. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In KCl-Lösung. Bläschen
1.+2. Min.	19	19	1.+2. Min.	43	34	1.+2. Min.	45	38
5.+6. "	20	17	5.+6. "	44	34	5.+6. "	47	30
10.+11. "	20	17	10.+11. "	43	33	10.+11. "	49	24
15.+16. "	20	16	15.+16. "	44	32	15.+16. "	49	20
20.+21. "	20	16	20.+21. "	44	32	20.+21. "	49	18
25.+26. "	—	16	25.+26. "	—	32	25.+26. "		18
30.+31. "	—	15	30.+31. "	—	32	30.+31. "		18
35.+36. "	—	15	35.+36. "	—	33	35.+36. "		19
40.+41. "	—	16	40.+41. "	—	42	40.+41. "		18

Nachdem in Versuch c die KCl-Lösung durch Wasser ersetzt worden war, ergaben sich in je zwei Minuten: 34, 39, 48, 46, 47, 48 Blasen.

Reihe 4: Chinin 0,5 %. Object: Elodea canadensis.

a			b		
Zeit	In Wasser. Bläschen	In Chinin 0,5 %. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In Chinin 0,52 %. Bläschen
1.+2. Min.	23	8	1.+2. Min.	32	8
5.+6. „	25	0	5.+6. „	30	2
10.+11. „	26	} 0	10.+11. „	31	} 0
15.+16. „	26		15.+16. „	30	
20.+21. „	26		20.+21. „	30	
			25.+26. „		

In Versuch a scheidet der Spross noch, ausgewaschen und dann in Wasser gebracht, in je zwei Minuten 10 Bläschen aus. — In Versuch b kommt der Spross von der 25. Min. ab in Wasser: Die Assimilation ist zu Ende.

Reihe 5: Antipyrin 0,5 %. Object: Elodea canadensis.

a			b		
Zeit	In Wasser. Bläschen	In Antipyrinlösung 0,5 %. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In Antipyrinlösung 0,5 %. Bläschen
1.+2. Min.	41	25	1.+2. Min.	61	26
5.+6. „	40	22	5.+6. „	64	19
10.+11. „	41	21	10.+11. „	61	18
15.+16. „	40	20	15.+16. „	59	17
20.+21. „	40	19	20.+21. „	60	15
25.+26. „	—	20	25.+26. „	—	12
30.+31. „	—	19	30.+31. „	—	12
35.+36. „	—	19	35.+36. „	—	11

Der Spross in Versuch b gab dann in Wasser pro 2 Min. noch 24, 20, 19, 20, 20 Bläschen.

Reihe 6: Schilddrüse. (Zu 200 ccm Wasser kommen 5 ccm Extract, hergestellt vom Trockenpräparat). Object: Elodea canadensis.

a			b		
Zeit	In Wasser. Bläschen	Nach Zusatz von Extract	Zeit	In Wasser. Bläschen	Nach Zusatz von Extract
1.+2. Min.	24	22	1.+2. Min.	48	41
5.+6. „	25	16	5.+6. „	47	39
10.+11. „	25	16	10.+11. „	49	37
15.+16. „	22	16	15.+16. „	48	35
20.+21. „	23	17	20.+21. „	48	34
25.+26. „	23	17	25.+26. „	—	33
30.+31. „	—	16	30.+31. „	—	32
35.+36. „	—	16	35.+36. „	—	32

In beiden Fällen assimilirten die Objecte am nächsten Tage noch schwach.

Reihe 7: Jod.

(Zu 200 ccm Wasser kommen 40 ccm einer bei + 15 °C. gesättigten Lösung metallischen Jodes.) Object: Elodea canadensis.

a			b		
Zeit	In Wasser. Bläschen	Nach Zusatz von Jodlösung	Zeit	In Wasser. Bläschen	Nach Zusatz von Jodlösung
1.+2. Min.	128	109	1.+2. Min.	60	48
5.+6. "	123	31	5.+6. "	61	4
10.+11. "	126	0	10.+11. "	60	0
15.+16. "	121	0	15.+16. "	60	0
20.+21. "	121		20.+21. "	61	

Sucht man sich nun Rechenschaft abzulegen über die Art und Weise der Einwirkung jener Substanzen auf die Assimilation, so ist zunächst zu bemerken, dass die beobachteten Erscheinungen, was die Wirkung der anorganischen Salze z. B. des NaCl anbetrifft, nicht unter dem von Stahl für einen Theil der terrestrischen Pflanzen (Nichthalophyten) geltend gemachten Gesichtspunkt zu verstehen sind. Der genannte Forscher fand, wie schon in der Einleitung bemerkt wurde, dass sich bei diesen Gewächsen durch eine 0,5proc. NaCl-Lösung die Stomata verschliessen, wodurch die Assimilation sistirt wird. Die Elodea, mit der wir experimentirten, ist aber spaltöffnungsfrei. Es ist nun aber keineswegs ausgeschlossen, dass die erwähnten Salze infolge ihrer osmotischen Wirkung auf den Zellinhalt der Untersuchungsobjecte die Assimilationsthätigkeit derselben herabminderten. Und dafür sprechen sogar die Beobachtungen (Reihe 1c, 2a, 3c), nach welchen infolge des Ersatzes der Chlorid- und Nitratlösung durch Brunnenwasser die Assimilationsthätigkeit wieder auf die alte Höhe stieg. Andrerseits ist aber eine chemische Einwirkung der genannten Stoffe auf das Protoplasma und eine dadurch bedingte Verminderung der assimilatorischen Thätigkeit nicht ausgeschlossen, und bezüglich der Wirkung von Chinin, Antipyrin etc. ist wohl in erster Linie an einen solchen physiologisch-chemischen Einfluss der betreffenden Substanzen zu denken.

Was die physiologische Wirkung anbetrifft, welche die benutzten Körper unter den eingehaltenen Versuchsbedingungen auf die Athmung einerseits und die Assimilation andererseits ausüben, so ist mit besonderem Nachdruck auf die physiologisch gewiss interessante Thatsache hinzuweisen, dass ein Körper in bestimmter Concen-

tration die Athmung steigert, während er gleichzeitig die Assimilation ganz bedeutend herabdrückt oder überhaupt aufhebt.

IV. Zusammenfassung.

Die Resultate der vorstehenden Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Durch Chloride (KCl und NaCl) wird unter den eingehaltenen Versuchsbedingungen die Athmung infolge einer Reizwirkung gesteigert, wenn die Untersuchungsobjecte (Elodea, Myriophyllum) in kräftiger Vegetation begriffen sind.

2. Das Nitrat (KNO_3) wirkt in derselben Richtung, verursacht aber ausserdem noch eine Erhöhung der Respirationsintensität infolge der Förderung eines mit gesteigerter CO_2-Produktion verbundenen synthetischen Processes (vielleicht Eiweissbildung), wenn genügender Stärkevorrath vorhanden ist. Diese Auffassung ist allerdings nicht streng bewiesen, steht aber nicht im Widerspruch mit bekannten Thatsachen.

2. Chinin, Antipyrin, Schilddrüse und Jod steigern die Athmung ebenfalls durch Reizwirkung.

4. Die unter 3 genannten Körper beeinflussen bei 3—4 Tage alten Keimpflanzen von Pisum sativum die Respiration in derselben Richtung wie bei Elodea, jedoch der Intensität nach geringer.

5. Nur ganz schwach und vorübergehend beschleunigt Oxalsäure (0,67 %) die Athmung der Erbsen, während eine 0,3proc. Kupfersulfatlösung sofort ein Sinken der CO_2-Produktion bedingt.

6. Die Assimilation wird durch Kalinitrat, Chlorkalium, Chlornatrium, Chinin, Antipyrin, Schilddrüse und Jod herabgedrückt. Manche Stoffe (z. B. KCl) wirken nach dieser Richtung hin nur schwach, andere (z. B. Chinin) sehr energisch.

7. Die genannten Substanzen wirken also, in gleicher Concentration den Untersuchungsobjecten dargeboten, durchaus nicht in gleicher Richtung auf deren Athmung einerseits und Assimilation andrerseits ein.

Die Versuche, welche der vorstehenden Abhandlung zu Grunde liegen, wurden im botanischen Institut der Universität Jena unter Leitung des Herrn Professor Dr. Detmer, welcher mir jederzeit mit seinem geschätzten Rathe in freundlichster Weise zur Seite gestanden hat, ausgeführt. Durch die Güte des Herrn Professor Dr. Stahl und sein freundliches Interesse an meiner Arbeit standen mir die Räume und Mittel des Instituts zur Verfügung. Ich fühle mich daher gedrungen, meinen verehrten Herren Lehrern herzlich zu danken.

Litteratur.

Ueber das Geschlecht der Pflanzen (De sexu plantarum epistola). Von **R. J. Camerarius.** (1694.) Uebersetzt und herausgegeben von M. Möbius. Mit dem Bildniss von R. J. Camerarius (Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 105.) Verlag von Wilh. Engelmann in Leipzig.

Der Tübinger Professor Camerer ist als der erste, welcher die sexuelle Fortpflanzung der Samenpflanzen experimentell nachwies, jetzt allgemein anerkannt. Aber seine Schriften haben wohl nur sehr Wenige zu Gesicht bekommen, obwohl Mikan vor etwa 100 Jahren dieselben neu herausgab. Für uns ist nur noch die epistola de sexu plantarum von Interesse, die jetzt in der Ostwald'schen Klassikerbibliothek bequem zugänglich gemacht ist, in flüssiger deutscher Uebersetzung und mit zahlreichen erläuternden Anmerkungen des Herausgebers. Möge auch diese Schrift dazu beitragen, einen Mangel zu beseitigen, den die „Ankündigung" der Klassikerbibliothek mit Recht hervorhebt: „Es ist dies das Fehlen des historischen Sinnes und der Mangel an Kenntniss jener grossen Arbeiten, auf welchen das Gebäude der Wissenschaft ruht."

Morphologische Studien von **Prof. Dr. K. Schumann.** Heft II. Leipzig. Verlag von Wilh. Engelmann 1899. Preis 7 Mk.

Das vorliegende zweite Heft der „Morphologischen Studien" bringt vier Abhandlungen (Die Extraaxillation der Boraginaceen- und Solanaceen-Inflorescenzen; Sprossaufbau und Blüthenentwickelung von Scirpus setaceus L. [so benennt Verfasser die in den Gärten als Isolepis gracilis bekannte Pflanze]; Nochmals die Pandanus-Blattstellung; Die Verschiebungen der Organe an wachsenden Sprossen.) Näher auf den Inhalt einzugehen ist hier nicht der Ort.

Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik, herausgegeben von **Prof. Dr. M. Fünfstück.** Band III, Abth. 2. Mit sechs Tafeln und zehn Abbildungen im Text. Stuttgart, A. Zimmer's Verlag (Ernst Mohrmann) 1899. Preis 10 Mk.

Die rege botanische Thätigkeit in Deutschland findet ihren Ausdruck auch in der wachsenden Zahl botanischer Zeitschriften. Zu den schon länger bestehenden haben sich die „Bibliotheca botanica" und seit einigen Jahren die von Fünfstück herausgegebenen „Beiträge" gestellt. Die vorliegende zweite Abtheilung des dritten Bandes enthält drei Abhandlungen: Weincowsky, Untersuchungen über die Scheitelöffnungen der Wasserpflanzen mit zehn Abbildungen im Text; Muth: Zur Entwickelungsgeschichte der Scrophulariaceenblüthe mit sechs Tafeln, und Fünfstück: Lichenologische Notizen. K. G.

Die Abhängigkeit der Plasmaströmung und der Geisselbewegung vom freien Sauerstoff.

Von

Georg Ritter (aus Moskau).

I.

Zweifellos ist durch Pasteur's Entdeckung der Anaërobiose (im Jahre 1861) einer der grössten Fortschritte auf dem Gesammtgebiete der physiologischen Forschung dieses Jahrhunderts erzielt worden. Und dennoch lässt es sich nicht leugnen, dass man auch jetzt noch bei allgemeinen physiologischen Betrachtungen diese fundamentale Thatsache nicht genügend berücksichtigt. Wie wichtig und nothwendig indessen die Berücksichtigung der anaëroben Lebensprocesse für eine tiefere Einsicht in alle Erscheinungen der Athmung und Gährung ist, beweist am besten die Zusammenstellung aller diesbezüglichen Thatsachen in Pfeffer's Pflanzenphysiologie.[1])

Die Obligatanaëroben vermögen es bekanntlich nur bei Abwesenheit des freien Sauerstoffs zu leben. Freier Sauerstoff ist für sie ein Gift, und die Betriebsenergie für ihre Lebensfunctionen gewinnen sie ausschliesslich aus Stoffwechselvorgängen, welche gewöhnlich (doch nicht immer) den Charakter einer Gährung tragen.

Jedenfalls ist es ganz unzulässig, sich diese Processe so vorzustellen, als ob Sauerstoff aus einer Verbindung herausgerissen und verathmet würde. Die einzige richtige Vorstellung über das Zustandekommen des anaëroben Lebens besteht vielmehr darin, dass im Nährmaterial Zerspaltungen und Umlagerungen vor sich gehen, welche unter Energiegewinn verlaufen und zur Entstehung von verschiedenen Stoffwechselprodukten führen.[2])

Wenn wir uns nun von den Obligatanaëroben zu den aëroben Organismen wenden, so ist auf den ersten Blick der Gegensatz zwischen den beiden Gruppen sehr gross. Doch bei näherer Betrachtung wird dieser Gegensatz allmählich beseitigt, besonders dann, wenn wir die ganze Menge der Erfahrungen, welche über die intramolekulare Athmung der Aëroben und über die Existenz von facultativen und temporären Anaëroben vorliegen, genügend berücksichtigen.

---

1) 1897, I. Bd. Capitel Athmung und Gährung S. 521.

2) Pfeffer, Pflanzenphysiologie 1897 I. Bd. S. 557.

Bekanntlich haben alle aëroben Pflanzen die Fähigkeit, nach Sauerstoffentziehung einige Zeit lang intramolekular zu athmen und dadurch ihr Leben zu erhalten. Dass es sich dabei wirklich um einen normalen Lebensprocess und nicht etwa um Absterbungserscheinungen handelt, wurde zuerst von Pfeffer[1]) erwiesen.

Die intramolekulare Athmung der Aëroben zeigt uns in ihrem Verlauf wie in ihrer Bedeutung eine vollkommene Analogie mit den normalen anaëroben Stoffwechselvorgängen. Hier wie dort wird durch Spaltungs- und andere Processe die für die physiologischen Leistungen nöthige Energie gewonnen.[2])

Dass hier im Keime dieselbe Fähigkeit vorliegt, welche bei den Anaëroben bis zur Vollkommenheit ausgebildet ist, lehrt uns am besten ein Blick auf alle die zahlreichen Uebergangsstufen, welche die Obligatanaëroben einerseits und die Aëroben andererseits verbinden.

In der That, wenn wir, ohne noch die einzelnen Partialfunctionen zu berücksichtigen, nur einfach die Lebensdauer der verschiedenen Organismen bei Sauerstoffabwesenheit in Betracht ziehen wollten, so würden wir schon im Bereich der typischen Aëroben auf die verschiedensten Verhältnisse stossen. Ein Schimmelpilz z. B. kann nur wenige Stunden nach Sauerstoffentfernung sein Leben fristen[3]), Keimlinge[4]) und Früchte[5]), sowie Nitellen[6]) leben in denselben Bedingungen wochen- und monatelang.

Gehen wir einen Schritt weiter, so begegnen wir den temporären[7]) und facultativen Anaëroben; hierher gehören Mucor racemosus, viele Saccharomyceten, sodann eine Reihe von pathogenen und saprophytischen Bacterien. Und auch hier gelangen wir von solchen Formen, welche mit Sauerstoff besser wachsen als ohne denselben, durch eine Reihe von Uebergängen zu anderen, die sich schon umgekehrt verhalten[8]) und auf diese Weise einen directen Anschluss an die Obligatanaëroben bieten.

Wir sehen also, dass die Fähigkeit zum anaëroben Betriebsstoffwechsel überall, wenn auch in verschiedenem Grade, vorhanden ist.

---

1) Pfeffer, Arbeiten a. d. Bot. Inst. zu Tüb. B. I S. 637.

2) Pfeffer, Pflanzenphys. 1897 B. I S. 577.

3) Diakonow, Ber. d. d. bot. Ges. 1886 S. 2.

4) Brefeld, Ueber Gährung. Landw. Jahrb. 1876 S. 326—328. — Godlewsky, Anzeiger d. Acad. d. Wissensch. zu Krakau 1897, Juli.

5) Lechartier u. Bellamy, Compt. rend. B. 79 S. 949 u. 1006.

6) Kühne, Zeitschr. f. Biologie B. XXXVI 1898 S. 425.

7) Beyerinck, Ueber Butylalkoholgährung, 1893, S. 46.

8) Rabinowitsch, Zeitschr. f. Hyg. 1895 B. 20 S. 159.

Doch kann diese Fähigkeit selbstverständlich nur dann entfaltet und verwerthet werden, wenn die geeigneten Nährstoffe dem Organismus zur Verfügung stehen.

So sehen wir, dass z. B. Penicillium nur bei Zuckerzusatz intramolekular athmen und leben kann.[1] Zucker ist es auch, der die intramolekulare Athmung der etiolirten Blätter steigert.[2] Für die Temporär-, Facultativ-[3] und Obligatanaëroben liefert in vielen Fällen derselbe Stoff das geeignete Nährmaterial. Doch können gewisse Obligatanaëroben auch mit anderen Stoffen, wie Mannit, Glycerin, Weinsäure u. s. w. auskommen.[4]

Aus dieser kurzen Uebersicht können wir wohl den allgemeinen Schluss ziehen, dass sowohl die aëroben als auch die anaëroben Organismen die Energie für anaërobes Leben (und alle dabei zu verrichtenden Leistungen) auf ganz analoge Weise aus den Stoffwechselprocessen gewinnen, welche wir intramolekulare Athmung und Gährung nennen.

Zwei Bedingungen spielen dabei die Hauptrolle: erstens specifische Befähigung, zweitens Vorhandensein von Nährmaterial.

Eine Bemerkung muss hier noch gemacht werden. Um das Fortleben der Aëroben nach Sauerstoffentziehung zu erklären, könnte noch die Vermuthung ausgesprochen werden, dass der Sauerstoff in Form einer lockeren Bindung gespeichert und dann allmählich verbraucht wird. Eine solche lockere Bindung ist aber (mit Ausnahme einiger von Ewart untersuchten Pigmentbacterien)[5] im Allgemeinen nicht vorhanden. Weiter werden wir noch sehen, dass gerade in den Fällen, wo man am ehesten eine Sauerstoffspeicherung annehmen könnte, die Wahrscheinlichkeit einer solchen direct ausgeschlossen ist.

Wir haben in unseren bisherigen Betrachtungen nur über die Möglichkeit und die Bedingungen des anaëroben Lebens überhaupt gesprochen, ohne näher den Verlauf der einzelnen Partialfunctionen zu berücksichtigen. Zwar ist es selbstverständlich, dass diese Functionen von denselben Allgemeinursachen beeinflusst werden, welche für das anaërobe Leben überhaupt maassgebend sind, doch ist dabei noch Folgendes zu beachten. Wenn das Leben bei gewissen Be-

---

1) Diakonow l. c.

2) Palladin, Revue générale de botanique 1894 S. 209.

3) Smith, Ueber die Bedeutung des Zuckers in Culturmedien für Bacterien. Centrbl. f. Bacter. B. XVIII 1895 S. 1.

4) Vgl. Flügge, Mikroorganismen, 1896 B. I S. 232, 245, 247.

5) Mitt. v. Pfeffer, Ber. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. 1896 S. 379.

dingungen möglich ist, so ist damit noch nicht gesagt, dass dabei auch alle Partialfunctionen in ungestörter Weise vor sich gehen müssen. Erstens muss man bedenken, dass einige Partialfunctionen überhaupt nicht allgemein verbreitet und also nicht nothwendig sind (so z. B. Plasma- und Geisselbewegung). Zweitens kennen wir eine ganze Reihe von Fällen, wo, abgesehen von Sauerstoffentziehung, verschiedene andere Ursachen, wie Licht, Temperatur und Giftwirkung einen Theil der Lebensfunctionen hemmen können, ohne das Leben selbst tiefer zu gefährden.

Ich muss mich darauf beschränken, hier auf diese Analogie nur hingewiesen zu haben, um nunmehr zu dem eigentlichen Thema meiner Arbeit überzugehen.

Wir wollen uns hier mit einigen Bewegungsfunctionen des pflanzlichen Organismus beschäftigen, welche zwar nicht vollkommen identische, doch im Princip ganz analoge Leistungen vorstellen. Das ist einerseits die Plasmabewegung im Inneren der Pflanzenzellen, andererseits die Cilienbewegung der Bacterien.

Die Abhängigkeit dieser Partialfunctionen vom Sauerstoff wurde bis jetzt nur in ziemlich einseitiger Weise studirt. Man begnügte sich damit, die Dauer der Bewegung nach Sauerstoffentziehung zu beobachten, ihre Rückkehr bei Sauerstoffzufuhr zu constatieren, und nur einmal ist eine genauere Untersuchung der Sauerstoffgrenze, welche die Wiederbelebung der erloschenen Bewegung hervorruft, gemacht worden.[1])

Aus allen Untersuchungen über die Abhängigkeit der Plasmabewegung vom Sauerstoff tritt eine Thatsache klar hervor, welche uns nach dem vorher Gesagten ganz natürlich erscheinen muss. Die Plasmabewegung wird durch Sauerstoffentziehung immer früher gehemmt als die gesammten Lebensprocesse. Die intramolekulare Athmung genügt in den meisten Fällen eben nicht dazu, um die Energie für diese Partialfunction zu liefern, obgleich nach dem Erlöschen dieser Function die Lebensfähigkeit noch eine Zeit lang erhalten wird. Wenn wir nun den Verlauf dieser Bewegungsfunction nach Sauerstoffentziehung studiren, müsen wir immer im Auge behalten, dass hier (wie schon früher betont wurde) dieselben zwei Factoren maassgebend sind, welche das anaërobe Leben im Allgemeinen bedingen. Das ist erstens die specifische Befähigung dazu, zweitens das Nährmaterial.

1) Clark, Ueber den Einfluss niederer Sauerstoffpressungen auf die Bewegungen des Protoplasma. Ber. d. d. bot. Ges. 1888 B. VI S. 273.

Die Rolle des erstgenannten Factors tritt auch aus allen Untersuchungen über die Abhängigkeit der Plasmabewegung vom Sauerstoff klar hervor. Besonders sind durch die Arbeiten von Kühne[1]) und Celakowsky[2]) Fälle bekannt geworden, in welchen die Plasmabewegung sich viel unabhängiger vom Sauerstoffmangel zeigte, als bei den früher studirten Objecten. Was die Obligatanaëroben anbetrifft, so sind sie überhaupt nur bei Sauerstoffabwesenheit bewegungsfähig und geben an der Luft ziemlich bald (nach ca. 1 Stunde) ihre Bewegung auf. Doch hat man die Rolle der Ernährung für die Erfüllung dieser Partialfunction bis jetzt so gut wie ganz übersehen.

Meine Aufgabe war es nun, diese Lücke einigermaassen auszufüllen. Die günstigsten Objecte für meine Untersuchungen fand ich in gewissen facultativ-anaëroben Bacterien, nachdem einige Bemühungen, passendes Material unter den Pilzen zu finden, sich als vergeblich herausgestellt hatten. Die Hauptfrage der Arbeit bestand also darin, den Einfluss der Ernährung auf anaërobe Bewegung dieser Bacterien klarzulegen. Daran schlossen sich noch einige Fragen über das anaërobe Wachsthum dieser Organismen. Ausserdem wurden auch Versuche mit den von Kühne untersuchten Objecten (Nitella und auch Chara) gemacht. Wenn dabei directe Resultate, wie bei den Bacterienversuchen, nicht gewonnen werden konnten, so wurden doch einige Erfahrungen gesammelt, welche, besonders im Anschluss an die Kühne'sche Arbeit, der Mittheilung werth erscheinen.

II. Versuche mit Bacterien.

Einleitung.

Es ist bekannt, dass die Bacterien ein sehr verschieden ausgeprägtes Sauerstoffbedürfniss haben. Auf den Vorschlag von Hueppe[3]) theilt man sie in Obligataërobe, Obligatanaërobe und Facultativanaërobe ein; von den letzteren müssen einige nach Beyerinck[4]) als temporär-anaërobe bezeichnet werden. Wir wollen uns zunächst mit den facultativ anaëroben Bacterien beschäftigen. Die hierher gehörigen Organismen, von denen B. prodigiosus, proteus vulgaris, Bacterium

1) Kühne l. c.

2) Celakowsky jun., Ueber d. Einfluss des Sauerstoffmangels auf die Bewegungen einiger aëroben Organismen. Bull. intern. de l'acad. des sciences de Bohême 1898. (Diese Arbeit wurde mir erst nach Fertigstellung des grössten Theils meiner Versuche bekannt.)

3) Hueppe, Die Methoden der Bacterienforschung 1885 S. 3.

4) Beyerinck l. c.

coli commune, acidi lactici und einige pathogene Arten die bekanntesten Beispiele sind, bieten im Anschluss an die vorher besprochenen Verhältnisse das grösste Interesse. In der That begegnen wir hier der Fähigkeit, ohne freien Sauerstoff auszukommen; viele Facultativanaërobe wachsen bei O-Abschluss ebenso gut, wie bei O-Zutritt. Doch bedürfen sie bei dieser facultativen Anaërobiose einer geeigneten Ernährung. Von Liborius[1]), welcher zuerst eine systematische Untersuchung über das Sauerstoffbedürfniss der Bacterien unternahm, ist dieser Umstand freilich nicht genügend berücksichtigt worden. Es sollen nach ihm alle hierher gehörigen Arten ebenso gut auf gewöhnlicher wie zuckerhaltiger Gelatine anaërob gedeihen. Es wäre an und für sich auch nicht unwahrscheinlich, dass gewisse Organismen die Energie für anaërobes Leben aus der Spaltung von Eiweissstoffen schöpfen können, ohne anderer organischer Nährstoffe dazu zu bedürfen. Doch hat sich nachträglich herausgestellt, dass die näher untersuchten Facultativanaëroben regelmässig nur einige bestimmte organische Verbindungen als Energiequellen für anaërobes Leben gebrauchen können, und zwar meistentheils, doch nicht immer, Zuckerarten.[2]) Gewöhnlich entwickeln diese Organismen auf zuckerhaltigem Nährboden unter O-Abschluss eine mehr oder minder starke Gährthätigkeit. Die intensiven Spaltungsvorgänge, die sich dabei abspielen, liefern die nöthige Energie, welche bei aërobem Leben aus der O-Athmung gewonnen wird. Doch kann man die Gährfähigkeit nicht als nothwendige Bedingung für anaërobes Leben bezeichnen, denn es sind Fälle bekannt, in denen anaërobe Bacterien ohne Gährung gedeihen. Ohne hier weiter in dieses Gebiet einzugehen, sei nur betont, dass jedenfalls immer bestimmte Stoffe als Energiequellen für das anaërobe Leben vorhanden sein müssen. Ob dabei eine intensive Gasbildung erfolgt oder unterbleibt, ist von ganz nebensächlicher Bedeutung.

Bei meinen Versuchen mit facultativ anaëroben Bacterien kam es mir in erster Linie darauf an, die Abhängigkeit ihrer Bewegung vom Sauerstoff und Nährmaterial zu präcisiren. Erstens lag die Frage vor, wie lange überhaupt facultativ anaërobe Bacterien ohne O beweglich sind, und zweitens, ob geeignete Nährstoffe einen Einfluss auf die Dauer dieser Bewegung haben. Zur Entscheidung dieser zweiten Frage konnte ich unter den bekannten Facultativanaëroben nicht viel

1) Liborius, Beiträge zur Kenntniss des Sauerstoffbedürfnisses der Bacterien. Zeitschr. f. Hygiene I S. 115. 1886.

2) Smith l. c.

brauchbare Objecte finden, da ich nur rasch wachsende und intensiv bewegliche Formen gebrauchen konnte. Sehr gute Resultate erhielt ich mit Sprillum Finkler Prior. Ausserdem untersuchte ich noch einige facultativanaërobe Arten, welche aus Milch, Gerste u. s. w. isolirt waren. Am brauchbarsten erwiesen sich zwei (vielleicht identische), mit Bacterium coli commune in morphologischer und physiologischer Beziehung ziemlich verwandte Arten.

Methodisches.

Von den verschiedenen Methoden, welche erlauben sollten, die Bacterienbewegung unter Sauerstoffabschluss zu beobachten, erwies sich am einfachsten und praktischsten diejenige, in welcher die O-Absorption von den Bacterien selbst besorgt wird, und welche schon von Engelmann bei seinen bekannten Arbeiten benutzt wurde. — Auf den Objectträger wird ein Tropfen der gewünschten Nährflüssigkeit gebracht (bei vergleichenden Untersuchungen muss dieser Tropfen immer eine constante Grösse haben) und dann eine bestimmte Masse von Bacterien aus einer Agarreincultur mit dem Platindraht im Tropfen vertheilt. Dann wird auf den bacterienhaltigen Tropfen ein Deckglas gelegt (unter Vermeidung von Luftblasen) und eine Vaselineumrandung um dasselbe gemacht. Die Bacterien nehmen den Sauerstoff unter diesen Bedingungen sehr bald (nach einigen Minuten) in Beschlag und es bleibt nur jedesmal durch mikroskopische Beobachtung festzustellen, wie lange die Bacterien ihre Beweglichkeit beibehalten, von dem Moment an gerechnet, wo das Deckglas aufgelegt wurde (die Vaselineumrandung kann in einer halben Minute hergestellt werden). Es versteht sich, dass man eine genügende Masse von Bacterien im Tropfen vertheilen muss — in meinen Versuchen war der Tropfen immer stark getrübt und auch nach dem Auflegen des Deckglases erschien die dünne Schicht merklich trübe. Auf diese Weise hat man die Möglichkeit, zahlreiche Versuche in verhältnissmässig kurzer Zeit durchzuführen. Um vergleichbare Resultate zu bekommen, ist es natürlich nothwendig, alle Versuchsbedingungen constant zu erhalten. Erstens muss der Flüssigkeitstropfen ein constantes Volumen haben; hinreichend genau erreichte ich dieses, indem ich immer einen und denselben Glasstab gleich tief in die Flüssigkeit tauchte und jedesmal auf gleiche Weise die Flüssigkeit auf den Objectträger abfliessen liess. Zweitens muss die Menge der Bacterien in jedem Versuch gleich gross sein. Zu diesem Zweck nahm ich jedesmal eine kleine Platinöse

voll von den betreffenden Bacterien. Drittens muss das Auflegen des Deckglases und die Vaselineumrandung so schnell wie möglich gemacht werden, um Concentrationsänderungen der Flüssigkeit und Sauerstoffdiffusion vom Deckglasrande auszuschliessen. Dabei muss natürlich ein Hervorquellen der Flüssigkeit unter dem Deckglase, ebenso Luftblasen unter demselben vermieden werden. Der Vaselinerand muss auch in allen Fällen ungefähr gleich dick sein.

Unter Anwendung dieser Cautelen können wir wohl annehmen, dass jedesmal nach derselben kurzen Zeit (2—3 Minuten) der Sauerstoff im Tropfen von den Bacterien aufgenommen wird und das spätere oder frühere Aufhören der Bewegung nicht von dem verschiedenen Sauerstoffgehalt der Flüssigkeit, sondern von den individuellen Eigenschaften der Bacterien und der Zusammensetzung der Flüssigkeit herrührt. Trotzdem kann man wohl immer noch die Entgegnung machen, dass es unmöglich sei, mit so primitiven Mitteln eine vollkommen gleiche Versuchsanstellung zu erreichen und dass die längere oder kürzere Bewegungsdauer der Bacterien doch immer davon abhängen könnte, dass sie in einem Falle weniger dicht vertheilt sind als in dem anderen. Dagegen lässt sich erstens sagen, dass sich meine Resultate auf eine grosse Anzahl übereinstimmender Versuche stützen, so dass die Rolle des Zufalls, welchen diese Entgegnung hervorheben will, jedenfalls durch die Zahl der Versuche eliminirt wird. Zweitens sind die erhaltenen Zeitdifferenzen so bedeutend, dass sie unmöglich von den jedenfalls geringen Verschiedenheiten der vorhandenen Sauerstoffmengen abhängen können. Drittens habe ich, um diesen Zweifel vollkommen zu beseitigen, die Thatsache constatirt, dass, wenn bei gewissen Versuchsbedingungen die Bewegungsdauer länger als bei anderen ist, diese Differenz sich nicht merklich verschiebt, wenn die Bacterien im ersten Falle dichter vertheilt sind und der Sauerstoff also früher absorbirt wird als im zweiten. Eine andere kritische Bemerkung, die man gegen diese Methode richten könnte, ist die, dass nicht nur Sauerstoffmangel, sondern vielleicht auch Anhäufung schädlicher Stoffwechselprodukte den Stillstand der Geisselbewegungen verursachen kann. Dagegen muss ich bemerken, dass beim Lüften des Deckglases die Bacterien immer sofort ihre Bewegung mit der normalen Intensität aufnahmen, wenn sie auch 24—48 Stunden in unbeweglichem Zustande eingeschlossen verbracht hatten. Dass die von den Bacterien ausgeschiedene Kohlensäure meine Resultate nicht beeinträchtigen konnte, wird noch aus der später folgenden Darstellung der Versuche klar werden.

Dauer der Bewegung.

Wenn wir nun verschiedene Bacterien nach dieser Methode und unter sonst gleichen Bedingungen untersuchen, finden wir Folgendes. Einige Arten geben ihre Bewegung, mag sie auch noch so intensiv sein, nach ganz kurzer Zeit (2—3 Min.) auf. Hierher gehören selbstverständlich die Aëroben, wie z. B.: B. fluorescens liquefaciens, B. subtilis u. s. w. Doch fand ich, dass einige Facultativanaërobe auch nach 3—5 Minuten stillstanden, dass also ihr Wachsthum vom Sauerstoff weniger abhängt als das Bewegungsvermögen. Das gilt z. B. für einen von mir aus Gerste isolirten Bacillus. Derselbe hatte in morphologischer Beziehung grosse Aehnlichkeit mit B. subtilis, bildete Endosporen und verflüssigte Gelatine, zeichnete sich aber durch die Fähigkeit aus, bei vollkommener O-Abwesenheit ebenso gut zu wachsen, wie an der Luft. Andere Arten dagegen blieben längere Zeit beweglich, und zwar konnte man bei verschiedenen Bacterien die verschiedensten Abstufungen in der Bewegungsdauer finden. Ein Kurzstäbchen z. B., welches ich aus Gerste isolirte, konnte höchstens $^1/_4$ Stunde ohne O beweglich bleiben, Spirillum Finkler Prior je nach den Bedingungen von 5 bis zu 80 Minuten, die schon vorhin erwähnten, dem Bacterium coli ähnlichen Arten waren selbst nach 3, 4 bis 6 Stunden noch schwach beweglich, ja sie konnten bei gewissen Bedingungen, auf welche ich noch später zurückkommen werde, sogar über 20 Stunden schwach beweglich bleiben. Freilich begann die Intensität der Bewegung schon nach $^3/_4$—1 Stunde abzunehmen und schliesslich stellten auch die besten Facultativanaëroben ihre Bewegung immer vollständig ein. Doch kam die normale Bewegung bei Sauerstoffzutritt sofort wieder, selbst wenn die Bacterien 2—3 Tage in diesem Zustande der Geisselstarre verbracht hatten. Dadurch ist auch bewiesen, dass Sauerstoffdiffusion aus der Luft bei meinen Versuchen keine störende Rolle spielen konnte.

Man könnte vielleicht daran denken, die verschiedene Bewegungsdauer der unter Deckglas eingeschlossenen Bacterien dadurch zu erklären, dass sie den Sauerstoff verschieden schnell absorbiren. Zwar ist diese Annahme nicht sehr wahrscheinlich, doch habe ich einige einfache Versuche gemacht, um sie zu beseitigen. Man braucht nur zwei gut bewegliche Bacterienarten (aus Reinculturen), welche sich durch verschiedene Bewegungsdauer unterscheiden, zusammen unter Deckglas zu bringen. Man muss dabei natürlich solche aussuchen, die nach ihrer Grösse leicht zu unterscheiden sind. Ich benutzte z. B. Bacillus subtilis oder Termobacterien einerseits und die coliähnlichen

andererseits. Der Versuch wurde auf zweierlei Art ausgeführt: entweder wurde der aërobe Spaltpilz in grosser Ueberzahl genommen oder der facultativanaërobe. In beiden Fällen blieb das Resultat gleich. Die aërobe Form stellte ihre Bewegung nach wenigen Minuten ein, wogegen die andere stundenlang beweglich blieb.

Dadurch ist ganz sicher bewiesen, dass beide Arten den Sauerstoff ungefähr gleich schnell absorbiren und die längere Bewegungsdauer der einen Art auf spezieller Befähigung zu facultativanaërober Lebensweise beruht.

Einfluss der Ernährungsbedingungen.

Wenden wir uns jetzt zu den Versuchen, in welchen die Abhängigkeit der Bewegung ohne Sauerstoff von den Ernährungsbedingungen klargelegt wird.

Die früher beschriebene Methode erlaubte es, diese Versuche in einfacher Weise auszuführen. In jeder Reihe von Parallelversuchen wurden alle Versuchsbedingungen gleich gehalten (wie bereits mitgetheilt war) und nur die Zusammensetzung der Nährflüssigkeit gewechselt. Um klare Resultate zu erhalten, genügt es nicht, bloss die vorher erwähnten Cautelen zu beobachten, es muss auch für entsprechendes Bacterienmaterial gesorgt werden. Es konnten nur rasch wachsende, intensiv und gleichmässig bewegliche Arten benutzt werden. Von solchen Arten wurden Agarstrichculturen angesetzt. Von diesen Culturen konnten die Bacterien vollständig rein und in genügender Menge abgehoben werden. Nur junge, nicht über 24 Stunden alte, bei einer Temperatur von ca. 30° aufgewachsene Culturen wurden zu den Versuchen verwandt. Es wurden immer 4—8 Parallelversuche angesetzt und jede 10., 15., manchmal jede 5. Minute die Präparate mikroskopisch untersucht. Es wurde nicht nur die Zeit bestimmt, nach welcher die Bewegung aufhörte, sondern auch die allmähliche Abnahme der Bewegungsintensität verfolgt. Leider ist es nicht möglich, genaue Messungen derselben zu machen, und ich musste mich darauf beschränken, einige freilich subjectiv gewählte Abstufungen der Bewegungsschnelligkeit in allen Versuchen zu registriren. Bei einiger Uebung und bei fortwährendem Vergleich parallel verlaufender Beobachtungen ist es nicht schwer, ungefähr fünf Grade der Bewegungsintensität zu unterscheiden: 1. normal, 2. etwas schwächer, 3. bedeutend schwächer, 4. sehr schwach, 5. kaum beweglich bis Stillstand. (In den Tabellen sind dafür folgende Abkürzungen benutzt: 1. n., 2. etw. schw., 3. bed. schw., 4. s. schw., 5. k. bew. — unb.)

Es muss bemerkt werden, dass bei einigen Bacterien der vollkommene Stillstand nur ganz allmählich und nicht gleichzeitig bei allen Individuen eintritt, und gerade in diesen Fällen ist ein fortlaufender Vergleich der Bewegungsabnahme lehrreich.

Zuerst mögen die Versuche mit den lange beweglichen Bacterien Nr. 1 und 2 beschrieben werden. Nr. 1 isolirte ich aus Milch. Es ist ein kurzes Stäbchen mit lebhafter Eigenbewegung, bildet auf Gelatineplatten weissliche, runde Colonien, welche die Gelatine nicht verflüssigen. Das Wachsthum geht schon bei Zimmertemperatur ziemlich schnell vor sich, wird aber durch höhere Temperatur (30—35 ° C.) noch bedeutend gesteigert. Sporen werden nicht gebildet. Bei Sauerstoffabschluss entwickelt sich diese Art ebenso gut wie an der Luft, aber nur auf zuckerhaltigen [1]) Nährböden. Dieser Umstand lässt sich jedoch nur bei sorgfältigster Sauerstoffentfernung feststellen. Einfaches Wasserstoffdurchleiten z. B. genügte nicht, um die Entwickelung ohne Zucker zu sistiren. Die Bacterien entfalten in zuckerhaltigen Medien sowohl bei aërober als auch bei anaërober Entwickelung deutliche Gährthätigkeit. Nr. 2 stammte aus Gerstensamen und stimmt in allen Beziehungen mit Nr. 1 überein, nur war die Fähigkeit, sich ohne Sauerstoff zu bewegen, noch besser ausgeprägt als bei Nr. 1.

Zuerst untersuchte ich die Bewegungsdauer nach Sauerstoffverbrauch unter möglichst verschiedenen Ernährungsbedingungen. Es wurde einerseits Wasser (Leitungswasser), andererseits Zuckerpeptonlösung (1—2 % Z. + 1 % P.) genommen.

Folgende Tabellen veranschaulichen die Resultate.

Erklärung: W. = Wasser, P. = Peptonlösung, P. Z. = Peptonzuckerlösung. Für die übrigen Abkürzungen vgl. S. 338.

Tabelle I (Bacterie Nr. 1).

Zeit	W.	W.	W.	P. Z.	P. Z.	P. Z.
15 Min.	n.	n.	n.	n.	n.	n.
25—30 „	bed. schw.	bed. schw.	s. schw.	n.	n.	n.
45 „	s. schw.	s. schw.	s. schw.	etw. schw.	n.	n.
1 Std.	k. bew.	k. bew.	unb.	bed. schw.	etw. schw.	bed. schw.
$1^1/_2$ „	unb.	unb.	unb.	s. schw.	bed. schw.	„
$1^3/_4$ „	—	—	—	s. schw.	s. schw.	s. schw.
2 „	—	—	—			

1) Hier, wie auch bei allen später ausgeführten Versuchen wurde ausschliesslich Traubenzucker benutzt.

Tabelle II (Bacterie Nr. 2).

Zeit	W.	W.	P. Z.	P. Z.
15 Min.	n.	n.	n.	n.
20 „	etw. schw.	etw. schw.	—	—
30 „	bed. schw.	bed. schw.	—	—
40 „	s. schw.	s. schw.	—	—
1 Std.	k. bew.	s. schw.	etw. schw.	etw. schw.
$1^1/_2$ „	k. bew.	k. bew.	—	bed. schw.
2 „	unb.	unb.	etw. schw.	bed. schw.
6 „	—	—	s. schw.	k. bew.

Man sieht, dass in reinem Wasser die Bewegung bei Nr. 1 schon nach 25 Minuten bedeutend schwächer wird und nach $1—1^1/_2$ Stunden aufhört, in Zuckerpeptonlösung dagegen 45—60 Minuten intensive Bewegung besteht und erst nach 2 Stunden oder später (die zwei letzten Versuche wurden in diesem Falle nicht weiter verfolgt) Stillstand eintritt. Für die andere Art ist das Verhältniss analog, nur war die absolute Dauer der Bewegung bedeutend länger als bei Nr. 1. Dass die Bacterien im Wasser nicht in eine Hungerstarre verfallen waren, zeigt schon der Umstand, dass bei Luftzutritt die normale Bewegung sofort zurückkehrte.

Um zu prüfen, welche Nährstoffe als Betriebsquelle für die Bewegung ohne O dienen, wurden Versuche mit verschiedenen Nährlösungen gemacht. In einer Versuchsreihe wurden z. B. Peptonzuckerlösung mit einfacher Peptonlösung verglichen, in einer anderen Peptonzucker und Peptonglycerinlösung (1—2 % Glycerin), in einer dritten Reihe Zuckerpepton und Zuckerasparaginlösung ($^1/_2$ % Asparagin).

Tabelle III (Bacterie Nr. 1; Mittelwerthe aus 2 Versuchsreihen mit 6 Versuchen).

Zeit	P.	P. Z.
20 Min.	etw. schw.	n.
$^1/_2$ Std.	bed. schw.	n.
$^3/_4$ „	s. schw.	n. und etw. schw.
1 „	s. schw.	etw. schw.
$1^1/_4$ „	s. schw.	bed. schw.
$1^1/_2$ „	k. bew.	s. schw.
$1^3/_4$ „		s. schw.
2 „	—	k. bew.

In zwei Präparaten mit Peptonzucker dauerte die schwache Bewegung noch über zwei Stunden an.

Tabelle IV (Bacterie Nr. 2; Mittelwerthe aus 4 Versuchsreihen mit 16 Versuchen).

Zeit	P.	P. Z.
10 Min	n.	n.
20 „	bed. schw.	n.
30 „	s. schw.	n.
40 „	s. schw. u. k. bew.	n.
1 Std.	k. bew. u. unb.	etw. schw.
2 „	unb.	bed. schw. und s. schw
3 „	—	s. schw.

In P. Z. noch über 3—4 Stunden.

Erklärung: P. G. = Peptonglycerinlösung.

Tabelle Va (Bacterie Nr. 1; 4 Versuchsreihen mit 14 Versuchen).

Zeit	P. G.	P. Z.
15 Min.	n.	n.
30 „	etw. schw.	n.
45 „	bed. schw.	n.
1 Std.	s. schw.	etw. schw.
$1^1/_2$ „	k. bew.	etw. schw.
2 „	k. bew.	bed. schw. und s. schw.

Tabelle Vb (Bacterie Nr. 1; 1 Versuchsreihe mit 4 Versuchen).

Zeit	P. G.	P. Z.
15 Min.	s. schw.	n.
20 „	k. bew.	n.
30 „	k. bew.	etw. schw.
45 „	unb.	s. schw.
1 Std.	unb.	k. bew.

Zu der Tabelle Va ist zu bemerken, dass auch nach 3—4 Stunden die Bewegung in P. Z. und in einzelnen Präparaten mit P. G. nicht erloschen war, so dass mehr der Verlauf des Versuchs, und nicht sein Ende Bedeutung hat.

Aus den Tabellen III—V b ist deutlich zu ersehen, dass in Zucker + Peptonlösungen intensive Bewegung bei Sauerstoffabwesenheit mindestens zweimal so lange dauerte, als in Lösungen von Pepton allein oder Pepton und Glycerin, wenn auch im zweiten Falle der Contrast nicht so stark war wie im ersten. Aus den Tabellen Va und V b sieht man auch, wie die absolute Dauer der Bewegung ohne Sauerstoff bei derselben Art wechselt, ohne dass man einen anderen Grund dafür angeben könnte, als gewisse Veränderungen der Organismen infolge längerer Cultivirung auf künstlichen Nährböden. Das Ausklingen der Bewegung ging bei diesen Arten (Nr. 1 und 2) sehr allmählich vor sich, so dass meistens nur der Verlauf des Versuchs bis zum Ende der zweiten Stunde verfolgt wurde, um so mehr, als gerade in diesem Zeitraume die Differenzen besonders klar hervortraten.

In den folgenden Tabellen sind die Mittelwerthe aus einigen Versuchsreihen mit Spirillum Finkler - Prior gegeben. Dieser Spaltpilz wächst nach meinen Beobachtungen viel schlechter bei Sauerstoffabschluss als an der Luft, und im ersten Falle nur auf zuckerhaltigen Nährböden. Die absolute Bewegungsdauer ohne Sauerstoff ist hier auch viel kürzer als bei den Bacterien 1 und 2. Die Differenzen der Bewegungsdauer in verschiedenen Lösungen treten um so schärfer hervor, und ich halte diese Versuche mit Sp. Finkler-Pr. für besonders beweisend.

Tabelle VIa (Sp. Finkler-Pr.; aus 5 Versuchsreihen mit 22 Versuchen).

Zeit	P.	P.Z.
5 Min.	s. schw.	n.
10 „	k. bew. u. unb.	n. u. etw. schw.
15 „	unb.	bed. schw.
20 „	—	ebenso
30 „	—	s. schw.
40 „	—	s.schw. u. k.bew.
1 Std.	—	unb.

Tabelle VIb (Sp. Finkler-Pr.; aus 4 Versuchsreihen mit 26 Versuchen).

Zeit	P.	P.Z.
5 Min.	k. bew.	n.
10 „	unb.	etw. schw.
15 „	—	bed. schw.
20 „	—	s. schw.
35 bis 40 Min.	—	unb.

Tabelle VII
(Sp. Finkler-Pr.; aus 3 Versuchsreihen mit 12 Versuchen).

Zeit	P.G.	P.Z.
5 Min.	bed. schw.	n.
10 „	s. schw.	n.
15 „	unb.	bed. schw.
20 „	—	s. schw.
40—45 „	—	unb.

Beim Vergleich der Tabellen VIa und VIb begegnet man wieder der absoluten Abnahme der Bewegungsdauer ohne O, welche sich nach längerem Cultivieren auf Agar eingestellt hat.

Die Gegensätze sind hier ungefähr gleich gross für Zuckerpeptonlösungen und Peptonglycerin oder Peptonlösungen. Oft waren die Differenzen noch grösser als in den Tabellen angegeben ist; z. B. hörte in Peptonlösung die Bewegung manchmal nach 5 Minuten vollständig auf, während dasselbe im Parallelversuche mit Zuckerpepton erst nach 35 Minuten geschah.

Ich habe auch mit anderen facultativ-anaëroben (aus Milch, Erde u. s. w. isolirten) Bacterien analoge Versuche gemacht. Ohne ausführliche Angaben über diese Versuche zu machen, möchte ich nur erwähnen, dass die Bewegungsdauer zwischen der von Nr. 1 und 2 einerseits und Sp. Finkler-Prior andererseits lag. Im Uebrigen waren die Resultate den schon mitgetheilten vollkommen analog.

Aus allen diesen Versuchen lässt sich der Schluss ziehen, dass bei den von uns studirten Organismen die Fähigkeit, längere Zeit Bewegung ohne Sauerstoff zu unterhalten, jedenfalls nicht von locker gebundenem Sauerstoff, sondern von der Ernährung abhängt, und

zwar ist es in unserem Falle der Zucker[1]), welcher gewissermaassen als die Quelle zu betrachten ist, aus welcher die Betriebsenergie für diese physiologische Leistung gewonnen wird. Der Zucker ist es zugleich, welcher diesen Organismen überhaupt ein vom freien Sauerstoff unabhängiges Leben ermöglicht, wie es auch für viele andere (wenn auch nicht alle) Facultativanaëroben der Fall ist.

Jetzt sehen wir auch, dass, wie schon früher bemerkt wurde, die von den Bacterien producirte CO_2 keine störende Rolle bei unseren Versuchen spielen konnte, denn in zuckerhaltigen Lösungen musste jedenfalls mehr CO_2 producirt werden, als in zuckerfreien[2]), und trotzdem ist im ersten Falle die Bewegungshemmung immer später eingetreten als im zweiten.

Und wenn man ähnliche Versuche mit einem Organismus aufnehmen sollte, welcher in seiner anaëroben Existenz nicht auf Zucker, sondern auf einen anderen Nährstoff angewiesen ist, so ist sicher zu erwarten, dass auch die für Bewegung nöthige Energie bei Sauerstoffabschluss aus dem Verarbeiten desselben Stoffes gewonnen sein wird.

Wachsthum und Bewegung der Facultativanaëroben.

Um die anaërobe Entwickelung der facultativanaëroben Bacterien Nr. 1 und 2 zu beobachten, verfuhr ich immer in folgender Weise: Die sterilisirten Nährlösungen wurden vor dem Einimpfen der Bacterien ausgekocht. Nach dem Impfen wurden die mit verschiedenen Nährböden beschickten Reagenzgläser in ein passendes Cylindergefäss mit verjüngtem Hals gebracht und die Luft aus demselben mit der Wasserstrahlpumpe während $^3/_4$—1 Stunde ausgepumpt. Das Gefäss wurde dabei mit einem Gummistopfen verschlossen, durch welchen ein Glasrohr ging, das durch einen Gummischlauch mit der Pumpe verbunden wurde. Um die letzten Spuren des Sauerstoffs zu entfernen, brachte ich in das Cylindergefäss etwas Pyrogallussäurelösung, in welche vor dem Schliessen des Gefässes ein Kalistückchen hereingeworfen wurde. Während des Auspumpens wurde das Gefäss unter Wasser gehalten und auch die ganze spätere Zeit unter Wasser aufbewahrt. Genügender

---

1) Ich prüfte ausserdem den Verlauf der Bewegungsabnahme in P. + Z.-Lösung und in Aspar. + Z. und reinen Z.-Lösung. Der Unterschied war immer sehr gering und dabei auf beide Seiten schwankend, so dass die grossen Differenzen in den oben mitgetheilten Versuchen nur aus dem Vorhandensein oder Fehlen des Zuckers zu erklären sind.

2) Vgl. Diakonow, Intramolekulare Athmung und Gährfähigkeit der Schimmelpilze. Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1886 pag. 2.

Abschluss wurde durch einen den Gummischlauch zusammenpressenden Quetschhahn erreicht.

Nur bei solcher sorgfältiger Entfernung des Sauerstoffs konnte der grosse Unterschied in der Entwickelung der Bacterien auf zuckerhaltigen und zuckerfreien Nährböden constatirt werden.

Nr. 1 und 2 und einige andere selbstisolirte Formen zeigten in Peptonzucker[1]) und Asparaginzuckerlösung eben so gutes Wachsthum, wie an der Luft; in Peptonglycerin oder reiner Peptonlösung war eine Trübung der Flüssigkeit kaum zu bemerken, und nur bei mikroskopischer Untersuchung zeigte es sich, dass eine sehr schwache Vermehrung der Bacterien stattgefunden hatte.

Andererseits haben wir im Laufe dieser Mittheilung gesehen, dass an der Luft aufgewachsene facultativ-anaërobe Bacterien in ihrem Bewegungsvermögen durchaus, wenn auch in verschiedenem Maasse, an den Sauerstoff gebunden sind. So entstand unwillkürlich die Frage: Wie ist es mit der Bewegungsfähigkeit dieser Bacterien bestellt, wenn sie sich anaërob entwickeln? A priori war die Annahme nicht ausgeschlossen, dass anaërob aufgewachsene Bacterien auch anaërob beweglich sein könnten.

Um diese Annahme zu prüfen, beobachtete ich die Entwickelung der Bacterien Nr. 2 (die vom O am unabhängigsten zu sein schienen) in einer Recklingshausen'schen Glaskammer. Dieselbe hatte die Form einer plattgedrückten, mit zwei Seitenröhren versehenen Kugel, deren Wände im mittleren Theil bis auf einen capillaren Zwischenraum eingezogen waren.[2])

Die sterilisirte, mit Wattestopfen versehene Kammer wurde mit steriler, ausgekochter Nährlösung beschickt, die Bacterien eingeimpft (alles unter Ausschluss von Infection mit fremden Keimen), das eine Rohr mit der Luftpumpe, das andere mit dem Wasserstoffentwickelungsapparate verbunden und durch Oeffnen und Schliessen der eingeschalteten Quetschhähne ein fünfmaliges Auspumpen und Wasserstoffeinleiten erzielt. Nach dem letzten Auspumpen wurden die Seitenröhren an den vorher eingezogenen Stellen an der Gasflamme abgeschmolzen. Auf diese Weise wurde eine sehr vollkommene Sauerstoffentfernung erzielt, besonders auch dadurch, dass von Anfang an eine grössere Menge von Bacterien eingeimpft wurde.

---

1) Ausser den organischen Stoffen waren in allen Lösungen je 0,1 % K_2HPO_4 und $MgSO_4$ vorhanden.

2) Vgl. die Abbildd. Nr. 5098a in Franz Hugershoff's Catalog. Lpz. 1895.

Nach 22 Stunden (bei 30° C.) hatten sich die Bacterien ausgezeichnet vermehrt, die Flüssigkeit erschien sehr stark getrübt. Doch konnte man bei mikroskopischer Untersuchung konstatiren, dass die Hauptmasse derselben ganz unbeweglich war, nur wenige vereinzelte Stäbchen führten schwache Bewegungen aus. Nun wurde ein Seitenrohr ohne aufgemacht zu werden durch einen Gummischlauch mit der Luftpumpe verbunden und, nachdem das Manometer genügend gesunken war, die zugeschmolzene Spitze im Gummischlauch abgebrochen. Dadurch wurden die von den Bacterien erzeugten Gase entfernt. Trotzdem veränderte sich das Bild unter dem Mikroskope nicht. Als aber Luft in die Kammer hineingelassen wurde, nahmen sofort beinahe sämmtliche Bacterien ihre normale Bewegung auf.

So sehen wir an diesem Beispiele, dass bei einem facultativ-anaëroben Spaltpilze die verschiedenen Lebensfunctionen in verschiedenem Maasse vom Sauerstoff abhängen. Trotz des üppigen Wachsthums entstehen nur unbewegliche oder kaum bewegliche Formen, welche aber bei Luftzutritt sofort ihre Bewegungsfähigkeit wieder erlangen. Dieser Fall erinnert an analoge von Fischer[1]) beobachtete Erscheinungen, welche sich auch auf Entstehung von Bacterienformen beziehen, deren Bewegungsfähigkeit nur unterdrückt, aber nicht vernichtet ist. Das ist der Fall, wenn Bacterien in Lösungen von neutralen Salzen gewisser Concentrationen oder in schwach giftigen Lösungen aufgewachsen sind. Trotz schöner Geisselbildung sind sie kaum oder gar nicht beweglich, doch stellt sich nach Entfernung der ungünstigen Bedingungen die Beweglichkeit wieder ein.

Hier mag auch ein kurzer Blick auf dieselben Wachsthums- und Bewegungsverhältnisse der obligat-anaëroben und der aëroben Organismen geworfen werden.

Die obligat-anaëroben Bacterien verhalten sich dem Luftsauerstoff gegenüber wie zu einem Gifte, welches nach einigen Stunden ihren Tod verursacht.[2]) Ihre Bewegung stellen sie an der Luft schon nach kürzerer Zeit (nach $^3/_4$—1 Stunde) ein[3]), wie ich es an einer aus Gartenerde isolirten Art bestätigen konnte. Dabei schienen die Bacterien nach dieser Zeit schon so stark gelitten zu haben, dass durch Herein-

1) Fischer, Untersuchungen über Bacterien. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXVII S. 60—67, 69, 78.

2) Lüderitz, Zur Kenntniss der anaëroben Bacterien. Zeitschr. f. Hyg. 1889 B. V S. 157 f. — Chudjakow, Zur Lehre von der Anaërobiose. Ref. Centralbl. f. Bacter. II. Abth. 1898 S. 389.

3) Vgl. Lüderitz, l. c. S. 157. — Beyerinck, Centralbl. f. Bact. 1895 Bd. I (II. Abth.) S. 112.

bringen in H-Atmosphäre die Bewegung nicht mehr hervorgerufen werden konnte. Doch könnte es vielleicht gelingen, bei einem geringen Partiärdruck des Sauerstoffs nur die Bewegungsfunction einer Anaërobenart zu unterdrücken, ohne das Leben zu gefährden, ähnlich wie es im umgekehrten Sinne für aërobe Bacterien der Fall ist.

Was die höheren Pflanzen anbetrifft (welche im Allgemeinen aërob zu nennen sind), so scheint hier Wachsthum und Bewegung (Plasmabewegung) bald in gleichem, bald in verschiedenem Maasse vom Sauerstoff abzuhängen, doch niemals so, wie wir es bei den facultativ-anaëroben Bacterien gesehen haben. Bei Phycomyces beginnt Wachsthum und Plasmabewegung ungefähr bei demselben Partiärdruck des Sauerstoffs [1]; doch wenn man die betreffenden Zahlen vergleicht, welche Wieler und Clark für dieselbe Grenze bei anderen Objecten gefunden haben, so scheint es, dass Wachsthum oft bei einem viel niedrigeren Sauerstoffdruck möglich ist, als Plasmabewegung. Bei vollkommenem Sauerstoffausschluss ist überhaupt kein Wachsthum und folglich keine auf Wachsthum beruhende Krümmungsbewegung möglich. [2]

Chara und Nitella bilden insofern eine Ausnahme von den bisher bekannten Erscheinungen, als hier eine lange andauernde Plasmabewegung ohne freiem O möglich ist. Wie die Wachsthumsverhältnisse sich dabei gestalten, müsste noch näher geprüft werden; einige weiter citirte Angaben von Kühne sprechen für die Möglichkeit eines Wachsthums bei O-Abwesenheit, obgleich, wie wir noch sehen werden, diese Versuche nicht ganz einwandsfrei sind. Bei der Beurtheilung solcher Versuche muss man immer im Auge behalten, dass auch Helianthus und Vicia Faba selbst nach fünfmaligem Evacuiren und Wasserstoffeinleiten noch zu wachsen vermögen. [3]

III. Versuche mit Characeen.

Vorbemerkungen.

Es wurde schon in der Einleitung kurz darauf hingewiesen, dass die Plasmaströmung in den Pflanzenzellen in den meisten Fällen ziem-

1) Clark, l. c. S. 278.

2) Vgl. Correns, Ueber die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffs. Flora 1892 pag. 87. — Uebrigens beschreibt Correns einen Versuch mit Drosera, in welchem diese Pflanze nach sechsstündigem Verweilen im sauerstofffreien Raume noch Tentakelbewegungen ausführte.

3) Wieler, Die Beeinflussung des Wachsthums durch verminderten Partiärdruck des Sauerstoffs Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen Bd. I S. 223 f.

lich bald aufhört, wenn Sauerstoffmangel eingetreten ist. Das bekannteste Beispiel dafür ist die Plasmaströmung in den Staubfadenhaaren der Tradescantia, welche in Wasserstoffatmosphäre schon nach wenigen Minuten aufhört. Es hat demnach den Anschein, dass die intramolekulare Athmung in diesem Falle nicht dazu ausreicht, um die für diese Leistung nöthige Energie zu schaffen, wenn auch das Leben der Zelle noch lange (einige Stunden) nach dem Erlöschen dieser Partialfunction erhalten bleibt.

Doch hatten wir schon im Laufe dieser Mittheilung die Gelegenheit gehabt, auf den Umstand hinzuweisen, dass auch im Bereich der typischen Aëroben die mannigfachsten Abstufungen in Bezug auf Sauerstoffbedürfniss vorhanden sind und die Fähigkeit zu temporärer Anaërobiose immer vorliegt, wenn auch die Ausbildung dieser Fähigkeit in sehr weiten Grenzen variirt.

In den zahlreichen Arbeiten über die Abhängigkeit der Plasmaströmung vom Sauerstoff ist auch eine ganze Reihe von Fällen verzeichnet, welche unserem allgemeinen Gesichtspunkt vollkommen entsprechen.

Im denkbar grössten Gegensatz zu dem vorhin erwähnten Beispiele der Tradescantia stehen einige neuerdings beschriebene Erscheinungen, welche sich auf die Plasmaströmung in den Internodialzellen von Nitella beziehen. Hier dauert diese Strömung auch bei der vollkommensten Sauerstoffentziehung sehr lange (mehrere Tage und sogar Wochen) fort. Diese beiden Extreme sind nun durch eine ganze Reihe von Uebergangsstufen verbunden.

Ohne auf die ganze vorhandene Litteratur (deren Theil schon von Kühne citirt ist) einzugehen, möchte ich hier nur die geeignetesten Beispiele aufzählen.

In Längsschnitten und Haaren anderer Pflanzen hört die Plasmaströmung gewöhnlich nach $^1/_2$—1 Stunde im Wasserstoffstrome auf; höchstens dauert sie vier Stunden.[1])

Bei einigen Nitellaspecies ist die Plasmaströmung auch in viel höherem Maasse vom Sauerstoff abhängig als bei den von Kühne beobachteten Nitella flexilis und opaca. So wird nach Farmer[2]) in einer nicht näher bezeichneten Nitella die Strömung schon nach 20 Minuten langem Wasserstoffdurchleiten aufgehoben. Bei Nitella

1) Clark, l. c. S. 273.

2) Farmer, Annals of Botany 1896 S. 285.

syncarpa dauert sie etwas länger, doch immerhin nicht über $2^1/_2$ Stunden.[1])

In der eben citirten Arbeit von Celakowsky finden wir noch eine ganze Reihe von Beispielen, welche die verschiedene Ausbildung der Fähigkeit zu temporärer Anaërobiose besonders klar veranschaulichen. Nach vollkommener Sauerstoffentfernung bewegt sich z. B. Pelomyxa während 72 Stunden, Euglena viridis 48 Stunden, Oscillaria und einige andere Arten ca. 24 Stunden. Die Plasmaströmung dauert in diesen Bedingungen bei Chara noch 18 Stunden fort[2]), bei Elodea 1—4 Stunden.

Diese kurze Uebersicht genügt, um uns die ausserordentlich verschiedene Ausbildung der individuellen Fähigkeiten vor Augen zu führen. Am besten ist jedenfalls die Fähigkeit zur temporären Anaërobiose bei Nitella entwickelt. Hier vermögen die nach Sauerstoffentziehung eingreifenden (als intramolekulare Athmung bezeichneten) Stoffwechselprocesse in ausgiebiger Weise die Betriebsenergie für die auffälligsten vitalen Leistungen, wie Plasmabewegung, zu liefern.

Desshalb erschien es von besonderem Interesse, gerade an diesen Objecten die Rolle der Ernährung und einiger anderen Bedingungen für das Zustandekommen der temporär-anaëroben Lebensweise zu studiren. Ausserdem unternahm ich, durch einige von Kühne aufgestellte Behauptungen veranlasst, eine Untersuchung der mit dem Assimilationsprocess verbundenen Sauerstoffausscheidung der Nitellen.

Im Interesse einer zusammenhängenden Darstellung wird es aber von Vortheil sein, wenn wir zunächst, um von Anfang an einige Unklarheiten zu beseitigen und für die spätere Discussion nothwendige Thatsachen zu gewinnen, uns den eben erwähnten Versuchen über die Sauerstoffausscheidung zuwenden.

Die Sauerstoffausscheidung der Nitellen.

Die O-Ausscheidung der Nitellen soll nach Kühne, abweichend von anderen grünen Pflanzen, so gering sein, dass „ein grosses Volumen Zellen unter Umständen nicht das kleinste Quantum höchst verdünnter Hämoglobinlösung in Sauerstoffhämoglobin umzuwandeln vermag, während gleichzeitig doch O-Bildung durch Licht innerhalb der Zellen an der wiederkehrenden Rotation kenntlich wird“. (S. 521.)

Diesen Schluss hat Kühne aus Versuchen mit Nitellen gezogen, welche in mit Hämoglobinlösung gefüllten Glasröhren gehalten wurden.

---

1) Celakowsky l. c. S. 13.

2) Ueber Chara vgl. auch Ewart, Journ. of the Linnean Society 1896 S. 403 f.

Diese Versuche erwiesen sich als nothwendig, nachdem es sich herausgestellt hatte, dass eine O-Ausscheidung in Blasen (ähnlich wie bei abgeschnittenen Elodeazweigen, Fadenalgen etc.) auch bei grossen Culturen von Nitellen nicht zu constatiren war. Auf die Bacterienmethode musste verzichtet werden, da die Nitellen engen Einschluss mit Bacterien schlecht vertrugen. (S. 496.) In diesen Worten des Verfassers ist übrigens eine Verurtheilung seiner eigenen Versuche mit Hämoglobin enthalten.

In der That musste in dem Kaninchen- und Schweineblut, nachdem Nitellen darin viele Tage gelegen hatten, sich eine üppige Bacterienvegetation entwickelt haben. Einige Bemerkungen des Verfassers beweisen das ganz zweifellos. In Vers. 63, S. 503, z. B. war nach 12 Tagen „die Flüssigkeit sehr übelriechend“. In Vers. 65, S. 504, wurde „nach dem Eröffnen der Röhre der Inhalt faulig riechend gefunden“. In Vers. 67 war schwach fauler, in Vers. 69 intensiver Fäulnissgeruch vorhanden. Jedenfalls mussten sich die von Kühne als schädlich betrachteten Bacterien in allen diesen Fällen reichlich entwickelt haben. Sie sind auch wohl an der Erscheinung schuld gewesen, aus welcher Kühne den Schluss gezogen hat, dass die Nitellen „unter Umständen“ gar keinen Sauerstoff am Lichte ausscheiden. Letzteres nämlich schloss Kühne aus der Thatsache, dass nach einigen Tagen wohl die erloschene Plasmabewegung der Nitellen am Lichte wiederkam, aber kein O-Hämoglobin aus dem reducirten gebildet wurde. Es ist wichtig zu bemerken, dass ein Ausbleiben der O-Hämoglobinbildung am Licht immer erst nach einigen Tagen bemerkt wurde; in den Vers. 59—69 sind Fälle beschrieben, wo gute Beleuchtung noch nach 7—8 Tagen O-Hämoglobinbildung an den eingeschlossenen Zellen hervorrief. Nachdem dieselbe aufhörte, lebten die Pflanzen gewöhnlich nicht mehr lange. Aus der ganzen Versuchanstellung scheint es mir also unzweifelhaft hervorzugehen, dass in den Fällen, wo keine O-Ausscheidung (trotz Wiederkehr der Strömung) bemerkt werden konnte, diese Erscheinung der energischen, sauerstoffabsorbirenden und höchst wahrscheinlich auch reducirenden Thätigkeit der Bacterien zugeschrieben werden muss. Dass die ganze Methode überhaupt keine vollkommene Sicherheit gewährt, bemerkt der Verfasser selbst, indem er angibt, dass nach Siegfried das Spectrum des reducirten Hämoglobins noch nicht die Abwesenheit des Sauerstoffs beweist, da das O-haltige Pseudohämoglobin dasselbe Spectrum aufweist.

Kühne's Angaben entgegengesetzt, habe ich bei der Anwendung der Bacterienmethode zum Beweise der O-Ausscheidung bei Nitella

nicht die geringsten Schwierigkeiten empfunden. Das Bacterienmaterial wurde immer Reinculturen entnommen; sowohl die gewöhnlichen Thermobacterien, sowie eine andere, die Gelatine nicht verflüssigende (vielleicht Prot. Zenkeri) erwiesen sich für die Versuche vorzüglich geeignet. Kleine Nitelleninternodien oder Blattstücke wurden in gewöhnlicher Weise in einem mit Bacterien beschickten Wassertropfen unter Deckglas mit Vaseline eingeschlossen. Wie gewöhnlich dienten zwischen Objectträger und Deckglas hereingelegte Deckglassplitter oder Papierstreifen dazu, um einem Zerdrücken des Objects vorzubeugen. Nachdem das Präparat während einiger Minuten verdunkelt und die Bacterienmasse zur Ruhe gekommen war, genügte jedesmal eine mässige Beleuchtung, um die sofort beginnende Bewegung der Bacterien hervorzurufen. Die Pflanzentheile vertrugen auch mehrere Stunden langen Einschluss mit Bacterien.

Dass längeres Verweilen in einem sauerstofffreien Medium eine Inactivirung des Chlorophyllapparates nach sich ziehen würde, war schon nach den Erfahrungen von Ewart[1]) (bei Chara) zu erwarten. Hier sei einer von den Versuchen erwähnt, die ich in dieser Richtung unternahm: Eine Nitella wurde in dem weiter zu beschreibenden Apparat in Wasserstoffatmosphäre abgeschlossen, nachdem die Luft durch zweistündiges H-Durchleiten verdrängt war. Die Plasmaströmung war schon nach 20 Stunden sehr schwach und wurde durch kurze Beleuchtung nur etwas beschleunigt.

Nach 48 Stunden — keine Bewegung, doch gesundes Aussehen; nach 68 Stunden — dasselbe. Der Apparat wird aufgemacht, und sofort kehrt die Protoplasmabewegung wieder. Doch zeigen abgetrennte Blattstücke bei Anwendung der Bacterienmethode keine O-Ausscheidung — die Chlorophyllkörner waren also inactivirt. Nachdem aber die Pflanze einige Stunden an der Luft verbracht hatte, stellte sich die Chlorophyllfunction wieder ein. Nach vier Stunden war Strömung und O-Ausscheidung normal. Ein Blattstück, welches sofort nach Oeffnen des Apparats unter Deckglas mit Bacterien eingeschlossen war, zeigte nach derselben Zeit weder Strömung, noch O-Ausscheidung.

Im Allgemeinen kann man wohl annehmen, dass die Strömung bei Nitella in O-Abwesenheit früher alterirt wird, als die Chlorophyllfunction.

Das folgt schon aus der Thatsache, dass zur Ruhe gekommenes Plasma durch Beleuchtung wieder zum Strömen gebracht wird. Doch

1) Ewart, l. c. S. 403 u. 421.

scheint nach Ewart[1]) auch das Umgekehrte manchmal vorzukommen, wenigstens bei Chara und Elodea.

Obenstehendes mag genügen, um die O-Ausscheidung der Nitella ausser Zweifel zu stellen. Wenn sie vielleicht auch nicht so energisch ist, wie bei einigen anderen Pflanzen, so weicht doch im Allgemeinen der Assimilationsprocess der Nitella nicht in so hohem Grade von dem der anderen grünen Pflanzen ab, wie es Kühne anzunehmen geneigt ist.

Versuche über die Plasmaströmung der Characeen.

Ehe ich zu der Mittheilung meiner eigenen Versuche schreite, möchte ich zuerst auf einige Hauptmomente der Kühne'schen Arbeit etwas ausführlicher eingehen.

Kühne hatte sich die Aufgabe gestellt, „eine Unklarheit aus der Lehre von der Protoplasmabewegung zu beseitigen", und zu beweisen, dass diese Bewegung auch in den chlorophyllführenden Zellen vom Sauerstoff abhängt. Die Versuche Pringsheim's[2]) scheinen Kühne nicht einwandsfrei zu sein, da Stillstand der Bewegung nicht durch reinen H, sondern durch ein Gemisch von H mit CO_2 erreicht wurde; CO_2 hat aber einen schädlichen Einfluss auf die Pflanzen.

Wenn nun Kühne in seinen Versuchen findet, dass die Plasmabewegung der Nitella, wenn sie infolge O-Mangels aufgehört hat, durch Beleuchtung der Pflanze wieder hervorgerufen wird, so ist dieses Resultat natürlich kein unerwartetes. So lange der Chlorophyllapparat nicht inactivirt ist, muss am Licht sofort O erzeugt werden, welcher die Bewegung wieder ermöglicht. Farmer hat auch diese Thatsache in der erwähnten Arbeit schon ganz klar gesehen. Unerwartet und überraschend ist aber der Umstand, dass die Protoplasmabewegung ungewöhnlich lange bei vollständigem Ausschluss des Sauerstoffs in verdunkelten Zellen andauert.

Zur Entfernung des Sauerstoffs wurden die verschiedensten Mittel angewandt, und obgleich sich die Objecte im Allgemeinen äusserst verschiedenartig verhielten, sind doch überall, selbst bei den vollkommensten Methoden (Absorption des O mittelst oxydulhaltigem Eisen, Eisenoxydul, Ferrocarbonat, Eisenoxydulhydrat), Fälle vorhanden, wo die Bewegung wochenlang im Dunkeln anhielt. Bei Benutzung der zuletzt erwähnten Methoden war übrigens die Dauer der Bewegung gewöhnlich viel kürzer (von 2—3 bis 70 Stunden), und nur in einzelnen

1) Ewart, l. c.

2) Pringsheim, Sitzungsber. d. Acad. d. Wiss. Berlin, Juli 1887. Auch Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1887 S. 294.

Fällen (Vers. 29) dauerte die Bewegung 19 Tage. In gekochtem Wasser wurde sogar 50 Tage lang Strömung im Dunkeln gesehen, im Vacuum bis 30 Tage (in anderen Fällen nur bis 6 Tage). Im Wasserstoff dagegen wurde die Bewegung schon nach 30—60 Stunden sistirt gefunden.

Bei dem Versuch mit ausgekochtem Wasser (V. 7 S. 450), wo die Bewegung über 50 Tage dauerte, bemerkt Kühne, dass eine isolirte Zelle mit besonders lebhafter Rotation während der Versuchsdauer um das Dreifache gewachsen war. Kurz vorher[1]) ist ein anderer Versuch beschrieben, in welchem einfach ausgekochtes Wasser (nach Dutrochet) benutzt wurde. Hier war nach sieben Tagen eine deutliche Verlängerung des jüngsten Internodiums bemerkbar, ausserdem sah Kühne zwei Fadenpilze vom siebenten bis zum elften Tage zu langen Fäden heranwachsen, deren Plasma die ganze Zeit lebhafte Strömung zeigte. Das ist jedenfalls eine auffallende Beobachtung. Ein so ausgiebiges Wachsthum ohne O_2 ist für Pflanzen (anaërobe Bacterien ausgenommen) nach der Arbeit von Wieler[2]) schwer zu erwarten. Entweder also waren in der Kammer merkliche Spuren von Sauerstoff vorhanden, oder es besitzt die Nitella und der Fadenpilz wirklich die ausserordentliche Fähigkeit, anaërob zu wachsen.

Leider theilt Kühne im weiteren Lauf seiner Arbeit nichts über die Wachsthumsverhältnisse seiner Objecte mit.

Was meine eigenen Beobachtungen betrifft, so habe ich bei Objecten, welche sich in Wasserstoffatmosphäre befanden, niemals ein merkliches Wachsthum constatiren können.

Diese Versuche, sowie ein anderer (S. 460), wo die Plasmabewegung eines Phycomyceten 42 Stunden in einer H-Atmosphäre bestehen blieb, wogegen in den Nitellen Ruhe eintrat, scheinen nicht ganz frei von inneren Widersprüchen zu sein. Doch muss man zugeben, dass durch die Versuche mit Eisenoxydul, welches die Zellen umgab und jede Sauerstoffspur absorbiren musste, genügende Garantie für die Möglichkeit einer über zwei Wochen langen Dauer der Plasmabewegung ohne freien Sauerstoff geliefert wird.

Allerdings sind solch lange Zeiträume selten; in der grössten Zahl der Versuche dauerte die Bewegung nicht über 60—70, manchmal nur 24—48 Stunden. Später werden wir noch die Gelegenheit haben, der theoretischen Erörterungen, die Kühne an diese Thatsachen

---

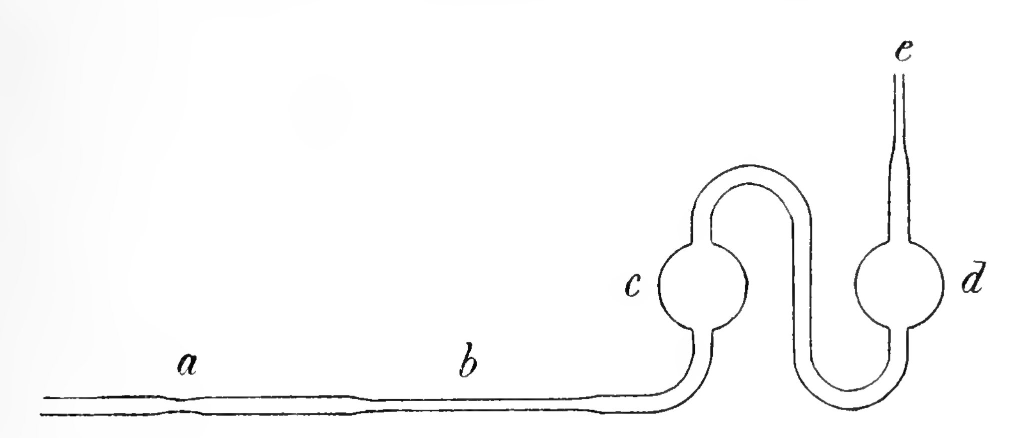
1) l. c. S. 448.

2) Unt. a. d. bot. Inst. z. Tübingen I S. 200.

anschliesst, zu gedenken. Jetzt aber mögen meine mit Nitella und Chara gemachten Versuche mitgetheilt werden.

Methodisches.

Um Sauerstoffabwesenheit zu erzielen, wurde immer die H-Durchleitungsmethode benutzt. Die Objecte wurden in eine Kammer gebracht, welche ich mir aus einer einfachen Glasröhre herstellte (Figur).



Dieselbe erhielt an der Stelle *b* eine geeignete Verengerung, so dass eingeschobene Nitellen gut beobachtet werden konnten, ohne gedrückt zu werden.[1]) Die Röhre wurde mit einer genügenden Menge von ausgekochtem Wasser gefüllt und an der Stelle *a* ausgezogen, nachdem die Pflanze schon hineingebracht war. Die Kugel *c* diente, um das Wasser, die Kugel *d*, um das durch die Oeffnung *e* eingefügte Pyrogallat zurückschlagen zu lassen. Nachdem die Pflanze hereingebracht und die Stelle *a* eingezogen war, befestigte ich die Kammer auf einer Glasplatte (mit Klebwachs oder Siegellack und Korkstücken). Dann wurde die Kammer in ein schwarzes Tuch sorgfältig eingeschlagen, so dass die Pflanze sich in vollkommener Dunkelheit befinden musste, und ein Strom gereinigten Wasserstoffs durch die Kammer geleitet. Dabei wurde mit einer Pipette etwas Aetzkalilösung durch die Oeffnung *e* gegeben. Nach zweistündigem Wasserstoffdurchleiten fügte ich noch etwas Pyrogallussäurelösung auf dieselbe Weise hinzu und schmolz dann den Apparat, ohne den H-Strom zu unterbrechen, zuerst bei *e* und dann bei *a* ab.

Auf diese Weise war wohl eine hinreichende Entfernung des Luftsauerstoffs erzielt; auf das vollständige Fehlen von Hähnen wurde besonderes Gewicht gelegt. Das entstandene Pyrogallat wurde bei geschicktem Einfüllen und Abschmelzen nur leicht hellbraun und verblieb so während der folgenden Zeit. Der mit dem Tuche verdunkelte

1) Ausgezeichnete Dienste leistete bei diesen Beobachtungen Objectiv D* (Wasserimmersion) von Zeiss.

Apparat wurde im Dunkelschrank aufbewahrt und die mikroskopischen Beobachtungen möglichst schnell und bei thunlichst schwacher Beleuchtung gemacht.

Als Versuchspflanzen dienten Chara stelligera und Nitella sp. Die erste entnahm ich dem Bassin des botanischen Gartens, ausserdem cultivirte ich dieselbe, ebenso wie die Nitella, in grossen Cylindergefässen.

Versuche mit normalen Pflanzen.

Zuerst wurden Versuche gemacht, um festzustellen, wie lange diese Pflanzen ihre Strömung und Leben ohne freiem O beibehalten. Es muss nun von vorneherein bemerkt werden, dass die Pflanzen sich ziemlich ungleichmässig verhielten.

Kräftige Internodien und Blattstücke von Chara stelligera zeigten manchmal noch am vierten Tage (nach 72—80 Stunden) Bewegung, und zwar sowohl aus dem Freien geholte, als auch den Culturgefässen entnommene Exemplare.

Einige Versuche mögen hier ausführlicher beschrieben werden.

1. Am 18. Juli wird durch den oben beschriebenen Apparat, welcher schon am 17. Juli mit einem kräftigen Internodium von Chara st. beschickt wurde, ein Wasserstoffstrom geleitet. Der Apparat ist die ganze Zeit in ein mehrmals zusammengelegtes schwarzes Tuch eingeschlagen.

Nach zweistündigem Wasserstoffdurchleiten wird der Apparat unter Einfügung von Pyrogallussäure abgeschmolzen (um $6^1/_4$ h. Nm.).

Am 19. Juli: gute Bewegung.

Am 20. Juli 10 h. Morgens: gute Bewegung; um 7 h. Abends: schwächere Bewegung.

Am 21. Juli 10 h. Morgens: ebenso; um 7 h. Abends: sehr schwache Bewegung.

Am 22. Juli 10 h. Morgens: keine Bewegung: nach einstündiger Belichtung (diffuses Licht): sehr schwache Bewegung; um 4 h. Nachmittags: abgestorben.

Die Strömung hat also ungefähr 80 Stunden gedauert.

2. Am 28. Juli ein Internodium aus dem Freien um $12^1/_2$ h. nach zweistündigem Wasserstoffdurchleiten abgeschmolzen.

Am 29., 30., 31. Juli: gute Bewegung.

Am 1. August: Bewegung aufgehört, erst nach Belichtung wieder gekommen. — Der Apparat wird aufgemacht — bei Luftzutritt stellt sich normale Strömung ein.

3. Eine Culturpflanze. Am 3. November um 4 h. nach zweistündigem Wasserstoffstrom abgeschmolzen.

Am 4. Nov. 6 h. Nachm. wird die Bewegung etwas schwächer.

Am 5. Nov. 10 h. Morgens: ebenso; 6 h. Abends: noch schwächer.

Am 6. Nov. 12 h. Morgens: ebenso; 6 h. Abends: schwache Bewegung.

Am 7. Nov. 10 h. Morgens: abgestorben.

Diese Versuche zeigen, dass Strömung in Chara stelligera über 72 Stunden ohne O_2 fortdauern kann. Nur wenn ich schwächere Culturpflanzen benutzte, hörte das Strömen (und auch das Leben) früher auf — nach 48 oder 24 Stunden.

Die Nitella, welche ich zu den Versuchen benutzte, verhielt sich viel ungleichmässiger als Chara. Im Allgemeinen hörte die Bewegung früher auf, häufig schon innerhalb 18—20 Stunden, in einigen Fällen in 48—60 Stunden. Doch blieben die Pflanzen gewöhnlich noch 24—48 Stunden am Leben, nachdem die Strömung aufgehört hatte. Wenn nach dieser Zeit Luft zugeleitet wurde, kehrte die Strömung zurück.

Versuche mit dunkelgehaltenen Pflanzen.

Kühne erwähnt in seiner Arbeit mehrere Male, ohne indessen besonderes Gewicht darauf zu legen, dass gerade etiolirte (vorher lange im Dunkeln gebliebene) Pflanzen ausserordentlich lange ohne O_2 auskommen konnten.

Es war interessant, diese Thatsache zu prüfen. Jedenfalls müssen Nitellen und Charen bei längerem Verweilen im Dunkeln allmählich ihre Reservestoffe verbrauchen, und man könnte vielleicht erwarten, dass dabei auch dasjenige Material verausgabt wird, welches beim anaëroben Leben die Energiequelle liefert.

Die Versuche, welche ich mit Chara und Nitella darüber angestellt habe, zeigten, dass selbst nach zweimonatlicher Cultur im Dunkeln (in Culturgefässen mit anorganischer Nährsalzlösung und ausgeglühtem Sand als Boden) diese Pflanzen sich noch ungefähr ebenso resistent bei Sauerstoffmangel zeigten, wie am Lichte gewachsene.

Die Versuche mit Nitella hatten folgende Resultate:

1. Versuch. Strömung im sauerstofffreien Raume nach 36 Stunden aufgehört; nach weiteren 10 Stunden Luft eingeleitet: Strömung wiedergekommen.

2. Versuch. Strömung nach 24 Stunden aufgehört, an Luft: wiedergekommen.

3. und 4. Versuch. Weniger als 24 Stunden geströmt.

5. Versuch. 36 Stunden geströmt.

6. Versuch. Nach 24 Stunden Bewegung aufgehört; bei Beleuchtung wiedergekehrt; nach 60 Stunden abgestorben.

Bei Chara stelligera wurde nach zweimonatlicher Verdunkelung noch 72stundenlanges Strömen ohne Sauerstoff beobachtet.

Die eben angeführten Versuche mit Nitella zeigen, dass, wenn auch die Resistenz der ausgehungerten Pflanzen den normalen gegenüber etwas herabgesetzt zu sein scheint, dieses doch nicht in auffallender Weise geschehen ist, denn an normalen Pflanzen derselben Art wurde auch öfters Aufhören des Strömens nach 20—30 Stunden beobachtet.

Diese Resultate stimmen also mit den von Kühne erwähnten insofern überein, dass langandauernde Verdunkelung und daraus entspringender Hungerzustand die Nitellen nur sehr langsam erschöpft. Dieser Umstand lässt sich nur so deuten, dass unsere Pflanzen sehr sparsam ihre Reservestoffe verarbeiten und dass ihre Athmungsthätigkeit keine intensive ist. Directe Untersuchungen über die Athmung der Characeen habe ich zwar nicht angestellt, doch konnte aus einer Beobachtung an den dunkel gehaltenen Pflanzen auf die Giltigkeit der ausgesprochenen Annahme geschlossen werden. In den Nodien von Chara stelligera, welche zwei Monate im Dunkelschrank verbracht hatte, konnte man nämlich noch bedeutende Vorräthe von Stärke nachweisen.

Es fragte sich nun weiter, ob man durch Erhöhung der Stoffwechselintensität eine schnellere Verausgabung der Reservestoffe und folglich eine frühere Erlahmung der vitalen Funktionen bei Sauerstoffausscheidung hervorrufen kann? Zur Beantwortung dieser Fragen wurden ähnliche Versuche wie die schon früher erwähnten angesetzt, mit dem Unterschiede aber, dass ein Theil der (in Wasserstoffatmosphäre eingeschlossenen) Objecte höherer Temperatur ausgesetzt wurde. Die Resultate entsprachen den Erwartungen:

Bei 32° C. stellten Nitellen nach ca. 6 Stunden ihre Plasmabewegung ein, und nach 12 Stunden erfolgte gewöhnlich der Tod. Selbstverständlich überzeugte ich mich durch Parallelversuche, dass diese Temperatur bei Luftzutritt keine schädigende Wirkung auf die Objecte ausübte. In der That konnten abgeschnittene Sprosse von Nitella und Chara stelligera mehrere Wochen bei 32° (im Dunkeln) ihre normale Plasmabewegung bewahren.

Chara stelligera erwies sich resistenter, indem hier bei 32° C. die

Strömung ohne O_2 bis zu 24 Stunden dauern konnte. Immerhin ist diese Zeitdauer dreimal so kurz, als die für dieselben Objecte bei Zimmertemperatur beobachtete.

Dieses Resultat war also übereinstimmend mit demjenigen, welches Chudjakow[1]) bei seinen Untersuchungen über intramolekulare Athmung erhielt. Seinen Beobachtungen zufolge können Keimlinge und gequollene Samen bei hoher Temperatur viel kürzere Zeit ohne Sauerstoff leben als bei niedriger. Ob es übrigens die raschere Ausgabe der Reservestoffe ist, welche den früheren Tod der Pflanzen bei intramolekularer Athmung verursacht, oder die Anhäufung von schädlichen Spaltungsprodukten, ist, wie Chudjakow schon bemerkt hat, schwer zu entscheiden. Es lässt sich eben nur allgemein sagen, dass der schnellere Verlauf aller Processe einen früheren Eintritt jenes Zustandes nach sich zieht, bei welchem Sauerstoffmangel vom Organismus nicht mehr ertragen werden kann.

IV. Schlussbetrachtungen.

Es war das Ziel dieser Arbeit, eine Lücke in unseren Kenntnissen über die Abhängigkeit der Bewegungsfunctionen vom Sauerstoff auszufüllen und die Bedeutung der Ernährung für die Verrichtung dieser Functionen in Sauerstoffabwesenheit klarzulegen.

Dieses Ziel ist auch durch die Versuche mit facultativ-anaëroben Bacterien erreicht worden. Es konnte in der That mit Bestimmtheit nachgewiesen werden, dass dieselben Organismen bei verschiedener Ernährung sich dem Sauerstoffmangel gegenüber höchst verschieden verhalten. Anaërobe Bewegung dauerte hier bei geeigneter Ernährung zwei, drei bis sieben Mal länger als dieses beim Fehlen einer solchen der Fall gewesen wäre. Und zwar war es derselbe Nährstoff, welcher sowohl die anaërobe Bewegung, als auch das anaërobe Wachsthum dieser Organismen begünstigte.

Aus dem näheren Studium der gegenseitigen Beziehungen von Wachsthum und Bewegung ergab sich die Thatsache, dass diese Lebensäusserungen in verschiedenem Maasse vom Sauerstoffmangel beeinflusst werden, indem bei geeigneter Ernährung anaërobe Entwickelung wohl in ausgiebigem Maasse stattfindet, aber zur Entstehung von bewegungslosen, wenn auch bewegungsfähigen Formen führt. Die Beweglichkeit ist eben überhaupt keine nothwendige Function

---

1) Chudjakow, Beiträge zur Kenntniss der intramolekularen Athmung. Landw. Jahrb. 1894 S. 359 ff.

(wie dieses auch das zahlreiche Vorkommen von bewegungslosen Varietäten lehrt), und so hat es nichts Ueberraschendes an sich, dass Sauerstoffmangel, ebenso wie einige andere Factoren, ohne das Leben und die normale Eintwickelung zu gefährten, nur die Ausführung dieser einen Partialfunction hemmt.

Von den zahlreichen analogen Erscheinungen sei hier nur das für viele Bacterien beobachtete Ausbleiben der Pigment- und Enzymproduktion bei anaërober Entwickelung erwähnt.

Die im weiteren Verlauf dieser Arbeit untersuchten Characeen bieten ein interessantes Beispiel von ziemlich hoher Ausbildung der Fähigkeit zu temporärer Anaërobiose dar (wenigstens in Bezug auf einige Partialfunctionen), einer Fähigkeit, welche bis jetzt nur für niedere Organismen, wie Hefen und Bacterien, bekannt war. In der Einleitung ist der für die Beurtheilung dieser und ähnlicher Erscheinungen maassgebende Standpunkt genügend erörtert worden. Wenn nun Kühne in seinen Schlussbetrachtungen Ansichten äussert, welche von den hier vertretenen ziemlich abweichend sind, so lässt sich das nur aus zwei Umständen erklären: Erstens lässt er die Existenz und das Wesen der Anaërobiose ganz unberücksicht, und zweitens geht er bei seinen Betrachtungen von einer eigenthümlichen und, wie wir schon gesehen haben, wenig begründeten Auffassung des Assimilationsprocesses der Nitellen aus.

Nach Kühne's Ansicht befindet sich die Nitella im Besitz eines Vorraths von gespeichertem Sauerstoff, den sie allmählich verbrauchen und dadurch auch im sauerstofffreien Raume ihr Leben erhalten kann. Und zwar ist dieser Sauerstoff nicht als lockergebundener, sondern als „fixirter" vorhanden. Gegen die Annahme einer lockeren Bindung des Sauerstoffs macht Kühne mit Recht den Umstand geltend, dass auch reducirende Substanzen, wie H_2S, erst nach längerer Einwirkung die Plasmaströmung und das Leben vernichten.

Der Sauerstoff muss also (nach Kühne) in Form einer festen Verbindung vorhanden sein. Und zwar vergleicht sie Kühne mit dem hypothetischen Inogen. Dieser Vergleich wird durch den schon früher besprochenen Versuch mit Hämoglobin herbeigeführt. Eine Nitella, welche in ein Glasrohr mit Hämoglobinlösung eingeschlossen und ihre Plasmaströmung im Dunkeln eingestellt hat, nimmt sie bei Beleuchtung wieder auf. Das Hämoglobin bleibt aber bei diesen Versuchen unverändert (das trifft übrigens nur für einen Theil der Versuche zu). Kühne schliesst aus diesem Versuche, dass die beleuchteten Nitellen wohl Sauerstoff produciren, aber denselben nicht,

wie andere grüne Pflanzen, ausscheiden, sondern zur Regeneration einer hypothetischen, inogenartigen Verbindung verwenden. So entsteht ein neuer Vorrath von gespeichertem Sauerstoff, welcher wieder für einige Zeit die Plasmaströmung möglich macht.

Wir haben aber schon gesehen, dass diese Auslegung eine ziemlich willkürliche und gar kein Grund für die Annahme vorhanden ist, dass der Sauerstoff nicht ausgeschieden, sondern gespeichert wird. Man muss vielmehr annehmen, dass der beim Assimilationsprocess entstandene Sauerstoff theils verathmet, theils ausgeschieden wird, und die dabei entstehenden Assimilationsprodukte neues Material für intramolekulare Athmung und anaërobes Leben liefern. Abgesehen von dieser falschen Versuchsauslegung leidet die ganze von Kühne vertretene Anschauungsweise an vollkommener Nichtbeachtung der vorliegenden, im Laufe dieser Mittheilung wiederholt erwähnten Erfahrungen über obligate, facultative und temporäre Anaërobiose.

Nach dem vorhin Mitgetheilten müssen wir also annehmen, dass die intramolekulare Athmung und folglich auch die anaërobe Plasmabewegung der Nitella ebenso wenig von gespeichertem Sauerstoff abhängt, als dies für das normale Leben der Anaëroben gilt. Der Unterschied zwischen chlorophyllführenden und chlorophylllosen Temporäranaëroben besteht nur darin, dass erstere ihre Nährstoffe selbst mit Hilfe der Sonnenenergie aus anorganischen Verbindungen schaffen können, die letzteren aber auf fertige organische Nährstoffe angewiesen sind. In der Art und Weise aber, wie diese Stoffe bei anaërober Existenz zum Gewinn der nöthigen Betriebsenergie verwandt werden, herrscht in beiden Fällen vollkommene Analogie, und wenn es sich dabei im Allgemeinen auch um Sauerstoffumlagerungen handelt, so braucht der dabei betheiligte Sauerstoff keineswegs als solcher vom Organismus aufgenommen zu werden.

Es ist jedenfalls eine interessante Thatsache, dass auch im Bereich der grünen Pflanzen die Fähigkeit zu temporärer Anaërobiose, wenigstens in Bezug auf eine Partialfunction, constatirt worden ist. Zweifellos ist es die Anpassung an specifische Lebensbedingungen, welche auch hier auf die Entwickelung dieser Fähigkeit eingewirkt hat. Die Characeen leben in schlammigen Tümpeln und Gräben, wo intensive Fäulnissprocesse keine Seltenheit sind und sogar die Entstehung von Schwefelwasserstoff zu den gewöhnlichen Erscheinungen gehört. In diesen Bedingungen mag es oft vorkommen, dass die Sauerstoffversorgung zeitweilig nur eine höchst mangelhafte ist, und desshalb kann es für die uns interessirenden Pflanzen nur von Nutzen sein,

wenn sie längere Zeit den Sauerstoff entbehren und aus intramolekularer Athmung die für ihre vitalen Functionen nothwendige Energie gewinnen können.

Zum Schluss möchte ich es nicht versäumen, Herrn Geh. Hofrath Prof. Pfeffer, auf dessen Anregung diese Arbeit unternommen wurde, für sein jederzeit freundliches Entgegenkommen meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Inhaltsübersicht.

Zur Chemie der Zellmembranen bei den Laub- und Lebermoosen.

Von
Friedrich Czapek.

Im Verlaufe meiner Studien über „Verholzung“ tauchte u. a. die Frage auf, ob das Hadromal, der Träger der „Ligninreactionen“, sich auch in Mooszellmembranen vorfinden könne, und im weiteren, aus welchen Substanzen die Zellhäute der Muscineen beständen. Nach der Untersuchung von mehreren hundert Arten aus fast allen Moosfamilien und den meisten Gattungen kann ich mich nun bezüglich des Vorkommens von Hadromal dahin aussprechen, dass diese Substanz sich in keinem Gewebe der Moose finden dürfte, nachdem kein einziger Fall von directer Hadromalreaction constatirt und auch kein hadromalhaltiges Extract aus Moosen gewonnen werden konnte.

In einer kleinen aus dem Wiener pflanzenphysiologischen Institute stammenden Arbeit ist G. Gjokic [1]) zu dem Ergebnisse gelangt, dass die Zellwände der Moose mit „Holzstoffreagentien“ keine Reaction zeigen.

Durch meine Untersuchungen erscheint dieser Befund bestätigt.

Bei den Versuchen, mit Mooszellmembranen die bekannten Cellulosereactionen direct zu erhalten, stiess ich meist auf Schwierigkeiten, welche mich veranlassten, diese Angelegenheit näher zu erforschen. Im Allgemeinen darf ich sagen, dass relativ sehr wenige Fälle unterliefen, in welchen die Cellulose wie bei höheren Pflanzen direct nachweisbar war. Wenn Gjokic (pag. 3 d. S.-A.) sagt, dass bei Lebermoosen die Cellulose direct und ohne Schwierigkeiten nachzuweisen sei, so ist diese Angabe wohl durch allzu dürftiges Untersuchungsmaterial verursacht. Unser Autor führt auch thatsächlich nur drei Arten als untersucht an. Für die Laubmoose fand Gjokic „den Nachweis der Cellulose mit Schwierigkeiten verbunden“.

Dass die Zellmembranen der Muscineen irgendwie von den höheren Pflanzen abweichende Verhältnisse darbieten, zeigen manche in der Litteratur niedergelegte gelegentliche Beobachtungen. So fand G. Ruge [1]) an den mechanischen Elementen von *Physiotium majus* keine directe Cellulosereaction; es trat jedoch die Reaction ein nach vorherigem Erwärmen des Präparates mit Kalilauge. Kalte Kalilauge erzeugte

1) Oesterr. bot. Zeitschr. 1895 Nr. 9.

2) Beiträge z. Kenntn. d. Veg.-Org. d. Lebermoose. Flora 1893 pag. 301.

an den Membranen sofort Gelbfärbung. Mit Eisenchlorid trat in den Membranen blauschwarze Färbung auf. Ruge schloss hieraus auf einen gerbstoffartigen Körper. Aehnliche Befunde constatirte dieser Forscher an *Frullania dilatata* und *Mastigobryum trilobatum*.

Kamerling[1]) fand in der Wand aller Rhizoiden von Marchantia Cellulosereaction; es war jedoch die Membransubstanz nur schwierig löslich in Kupferoxydammoniak. Millon's Reagens bewirkte deutliche Rothfärbung.

An den Membranen der Blattzellen von *Polytrichum commune* sah F. Krasser[2]) Eintritt der Millon'schen Reaction, ein Befund, welcher später von Correns[3]) an *„Polytrichum sp."* bestätigt wurde.

Meine Erfahrungen bezüglich der qualitativen Reactionen an Mooszellmembranen lassen sich folgendermaassen kurz zusammenfassen.

1. In der Regel erhält man bei den Muscineen keine directe Cellulosereaction der Zellwände, wohl aber in allen Fällen nach kürzerem oder längerem Kochen mit Natronlauge.

2. Sehr häufig geben die Zellhäute der Moose die Millon'sche Reaction oder eine schwarzgrüne Eisenreaction, sowie lebhafte Gelbfärbung mit kalter Natronlauge. Sehr oft schliessen sich Millon'sche Reaction und Eisenprobe gegenseitig aus, während sie in anderen Fällen an demselben Objecte neben einander zu erzielen sind.

Es war nun die Aufgabe gestellt, die betreffenden Substanzen der Mooszellmembranen näher zu studiren, sowie deren Verbreitung und Bedeutung kennen zu lernen.

Ein ausgezeichnetes Object zum Studium jener Membransubstanz, welche die Millon'sche Reaction gibt, ist unter den Lebermoosen *Trichocolea Tomentella*, von den Laubmoosen Sphagnum in sämmtlichen Arten. Hier geben alle Membranen äusserst intensiv die Millon'sche Reaction in hellcarminrothem Farbentone. Torfmoos bot auch ein leicht in grösseren Mengen rein zu erhaltendes Material zur chemischen Untersuchung der Substanz. Der Körper liess sich isoliren, er besitzt phenolartigen Charakter und sei deshalb als „Sphagnol" bezeichnet.

Die gerbstoffartige Verbindung, welche Ruge zuerst in einigen Lebermooszellmembranen gefunden hatte, ist sehr weit bei Laub- und Lebermoosen verbreitet. Als Darstellungsmaterial ist gut geeignet

1) Flora, Ergänzungsbd. 1897 pag. 5.

2) Krasser, Untersuchungen über d. Vork. v. Eiweiss in d. pflanzl. Zellhaut. Wiener Akad. Sitzber. Bd. XCIV I. Abth. Dez. 1886 pag. 146 (pag. 29 d. S.-A.).

3) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 26 pag. 628 (1894).

Mastigobryum trilobatum, sämmtliche Gottscheaarten, *Leucobryum glaucum* und Dicranumarten. Die Substanz wurde gleichfalls isolirt und sei als „Dicranumgerbsäure“ vorläufig beschrieben.

Die Darstellung und die chemischen Eigenschaften des Sphagnols.

Das Sphagnol ist aus den Zellmembranen von Sphagnum durch Säuren, durch Zinnchlorür oder Natriumbisulfit nicht abspaltbar, wie es beim Hadromal aus Holzzellwänden der Fall ist. Der Umstand aber, dass nach Kochen von Sphagnum mit Natronlauge allenthalben ohne Weiteres directe Bläuung der Membranen durch Chlorzinkjodlösung zu erzielen ist, deutete darauf hin, dass kochende Alkalien den gewünschten Zweck erfüllen würden, was auch im Versuche bestätigt wurde.

Die Methode zur Darstellung des Sphagnols ist in folgenden Vorschriften enthalten.

Das auf mechanischem Wege gereinigte frische Material (*Sphagnum acutifolium*) wird bei 30° C. im Thermostaten getrocknet, hierauf möglichst fein zerschnitten und zerrieben. Zunächst wird das Material im Extractionsapparate mit Aether erschöpft, sodann mit 96proc. Alkohol vollständig extrahirt und schliesslich mit destillirtem Wasser so lange ausgekocht, bis das Extract vollkommen farblos ist und nicht mehr beim Schütteln schäumt. Man entfernt hiedurch, wie die mikroskopische Untersuchung des extrahirten Materials zeigt, so gut wie sämmtliche Inhaltskörper der plasmaführenden Zellen, während an den Membranen keine Veränderung sichtbar ist. Nun lässt man eine 2—3 Stunden währende Behandlung mit destillirtem Wasser im Autoclaven bei drei Atmosphären Ueberdruck folgen. Es geht ein braungefärbtes Extract in Lösung, welches aufgehoben wird, nachdem es eine Quantität Sphagnol (nach der kirschrothen Millon'schen Reaction zu schliessen) enthält. Das Moos wird nun abgepresst und mit 1proc. Natronlauge eine Stunde lang bei drei Atmosphären im Autoclaven gekocht; vom Extracte wird neuerdings abgepresst und die Behandlung mit 1proc. Natronlauge noch zweimal in der gleichen Weise wiederholt. Die vereinigten Extracte werden nun mit Schwefelsäure neutralisirt und eingedampft. Der trockene und gepulverte Verdampfungsrückstand wird im Extractionsapparat mit 96proc. Alkohol vollkommen erschöpft. Das Sphagnol geht in den Alkohol über und wird nach Abdestilliren des Alkohols in wässerige Lösung übergeführt. Die gelbbraune, wässerige Lösung scheidet beim Stehen

nach längerer Zeit farblose, nicht gut ausgebildete Krystalldrusen ab, welche dem gesuchten Körper angehören.

Der geringen Quantität wegen musste eine weitere Reinigung der Substanz unterbleiben, und ich beschränkte mich auf die Feststellung der Eigenschaften des Rohsphagnols, wie es nach Absaugen der gelben, syrupösen Mutterlauge und vorsichtigem Waschen der Krystalle sich darstellt. Die Substanz ist geruchlos, auch beim Erwärmen. Auf dem Platinblech erhitzt, schmilzt sie schon bei geringem Erwärmen, färbt sich dann unter Aufblähen dunkel und hinterlässt nach dem Glühen keinen merklichen Aschenrückstand.

Sie ist in Wasser und Alkohol leicht löslich, unlöslich in Aether. Die wässerige Lösung reagirt auf Lackmus neutral. In Alkalien löst sich die Substanz sehr leicht und wird durch Säuren aus der alkalischen Lösung gefällt.

Mit Schwermetallsalzen wird Sphagnol niedergeschlagen. So entstehen flockige Niederschläge mit Bleiacetat, Kupfersulfat, Quecksilberchlorid, Eisenchlorid und Silbernitrat.

Mit Eisensalzen tritt rothbraune Färbung ein.

Alkalische Kupfersalzlösung und ammoniakalische Silberlösung werden weder in der Kälte, noch beim Kochen reducirt.

Mit dem Liebermann'schen Reagens (6proc. Auflösung von Kaliumnitrit in conc. H_2SO_4) röthlichbraune Färbung.

Sehr intensiv ist die Millon'sche Probe, welche schön kirschroth aussieht.

Mit Hadromal und HCl tritt nach einiger Zeit Rothfärbung ein.

Die Substanz ist sicher stickstofffrei, wie der negative Ausfall der Lassaigne'schen Probe beweist.

Mit Ferrocyancalium und Essigsäure ist auch in der Mutterlauge der Krystalle keine Eiweisssubstanz nachzuweisen.

Nach diesem vorläufigen Befunde scheint die Substanz thatsächlich ein phenolartiger Körper zu sein, weswegen ich für sie den Namen „Sphagnol" gebraucht habe. Die nähere chemische Untersuchung des Sphagnols sei einer späteren Publication vorbehalten.

Aus den Eigenschaften des Sphagnols und dem chemischen Verhalten der Zellwände geht wohl bestimmt hervor, dass es in den Zellmembranen in chemischer Bindung vorhanden sein muss, und das Erscheinen der intensiven Cellulosereactionen nach Extraction der Substanz deutet darauf hin, dass in den Zellhäuten von Sphagnum ursprünglich ein Sphagnolcelluloseäther vorlag. Wir haben somit den zweiten Fall von aromatischen Cellulteresten in Zell-

membranen (nach Sicherstellung des Hadromalcellulosides[1]) in verholzten Membranen) kennen gelernt.

Der extrahirte Rückstand gibt in der Regel in den Blattpartikeln gar keine Millon'sche Reaction, in den Stammpartikeln die Reaction ganz schwach, es ist somit das Sphagnol fast vollständig extrahirt.

Mit starker Natronlauge lässt sich aus Sphagnum eine ansehnliche Menge von „Pectinsubstanz" extrahiren, welcher also gewiss ein bedeutender Antheil an der Zellmembransubstanz zukommt. Dieses „Pectin" lässt sich durch Neutralisiren als dicker, gallertiger Niederschlag fällen.

Darstellung und Eigenschaften der Dicranumgerbsäure.

Als Ausgangsmaterial für die makrochemische Untersuchung diente mir *Leucobryum glaucum*. Das zerkleinerte Material wurde mit Aether, 96proc. Alkohol und Wasser der Reihe nach ausgekocht und erschöpft. Als beste Methode zur Abspaltung der Gerbsäure diente (nachdem alle früher angewendeten Extractionsmittel den Moosmembranen den Körper nicht entziehen) 1—2stündiges Erhitzen des Materials mit Wasser im Autoclaven bei 3—5 Atmosphären Ueberdruck. Kochen mit Natronlauge zerstört die Substanz. Die wässerige Lösung wurde eingeengt, mit 96proc. Alkohol versetzt, worauf die Gerbsäure als brauner Niederschlag ausfiel. Eine weitere Reinigung dieses Rohproduktes gelang mir bisher nicht. Ich muss mich daher auf die Aufzählung einiger Reactionen beschränken.

Die concentrirte braune wässerige Lösung der Gerbsäure reagirt auf Lackmus sauer.

Dicranumgerbsäure ist in kaltem Wasser leicht löslich, in starkem Alkohol sehr wenig löslich, in Aether unlöslich.

Mit Alkalien färbt sich die wässerige Lösung dunkelgelb. Säuren fällen die Substanz nicht.

Bleiacetat erzeugt flockigen Niederschlag. Mit Eisenchlorid dunkelgrüne Reaction, kein Niederschlag. Mit Kupfersulfat keine Fällung. Alkalische Kupferlösung wird nicht reducirt beim Kochen. Silbernitrat erzeugt eine flockige Fällung, die in Ammoniak löslich ist. Beim Kochen fällt kein metallisches Silber aus.

Liebermann's und Millon's Probe mit negativem Ergebniss.

Leimlösung wird gefällt.

---

1) Wir können analog der Benennung „Glucosid" in solchen Fällen auch von „Celluloside n" sprechen.

Die Substanz ist nach dem Ausfalle der Lassaigne'schen Probe stickstofffrei.

Nach Extraction der Gerbsäure ist an den Zellmembranen allenthalben Cellulosereaction zu erzielen.

Wie ich aus Untersuchungen an verschiedenen Laub- und Lebermoosen ersah, lässt sich bisher nicht behaupten, dass mehrere Gerbsäuren zu unterscheiden sind. Ich erhielt in sämmtlichen Fällen Substanzen, welche übereinstimmend die angeführten Reactionen zeigten, somit, wenigstens vorläufig, als „Dicranumgerbsäure" zusammengefasst werden dürfen.

Nachdem es sich bei der Dicranumgerbsäure um eine in Wasser leicht lösliche Substanz handelt und die Gerbsäure durch kochendes Wasser unter gewöhnlichem Luftdruck auch nicht in Spuren den Zellmembranen entzogen werden kann, sondern erst durch Anwendung von erhöhtem Druck oder Natronlauge, so ist es sehr wahrscheinlich, dass nach Analogie anderer Stoffe der Zellmembran auch die Dicranumgerbsäure in esterartiger Bindung in der Membransubstanz vorliegt. Wahrscheinlich ist auch die Gerbsäure an Cellulose gebunden.

Vorkommen des Sphagnols und der Dicranumgerbsäure.

Ich gebe im Nachfolgenden eine systematische Uebersicht über die einzelnen untersuchten Arten der Laub- und Lebermoose und die erzielten Untersuchungsbefunde. Ich hatte, trotzdem sich weiter zu verfolgende Beziehungen zur Systematik der Moose ergaben, hier nicht die Absicht, möglichst vollständig zu sein, sondern suchte nur die Familien und die wichtigsten Gattungen zur Untersuchung zu bringen.

1. Hepaticae.[1])

Ricciaceae:

Riccia ciliata Hoffm. Herbarmaterial. Die Zellmembranen des Thallus und der Wimpern geben schöne Violettfärbung mit Chlorzinkjod. Kein Millon, keine Eisenreaction.

Ricciocarpus natans (L.) Corda. Frisches Material. Allenthalben Cellulosereaction direct erzielbar. Kein Millon, keine Eisenreaction.

Oxymitra pyramidata verhält sich genau wie die Marchantiacee. Millon in Rhizoiden und Thallus.

Marchantiaceae:

Lunularia cruciata (L.) Dum. Frisches Material. Directe Blaufärbung mit Chlorzinkjod nur an den Zellmembranen des assimilato-

1) Das Untersuchungsmaterial zahlreicher exotischer Lebermoose stammt aus dem reichhaltigen Herbar des Herrn Prof. Dr. Schiffner in Prag, und ich nehme gern den Anlass, für die Ueberlassung der Untersuchungsproben meinem geehrten Herrn Collegen den besten Dank zu sagen.

rischen Gewebes erzielbar. Millon's Reagens erzeugt Rothfärbung an den Membranen aller Rhizoiden, der Epidermiszellen, der Zellen des chlorophyllarmen Thallusrandes. Kocht man mit Natronlauge und versucht nach Auswaschen die Chlorzinkjodreaction, so färben sich die Membranen aller Rhizoiden, der Thallusrandzellen und der Epidermis violett. Eisenreaction nirgends zu erzielen.

Marchantia palmata Nees. Frisches Material. Derselbe Befund. Die Membranen der Zäpfchenrhizoiden färben sich, mit Millon'schem Reagens erwärmt, dunkler roth als jene der glatten.

M. polymorpha. Frisches Material. Millon'sche Reaction positiv bei allen Membranen. Die Membran der Zäpfchenrhizoiden gibt direct ganz schwache Violettfärbung mit Chlorzinkjod; die Zäpfchen selbst schienen mir dabei farblos zu bleiben. Nach Behandlung mit heisser Natronlauge ist allenthalben starke Violettfärbung mit Chlorzinkjod zu erzielen.

Fegatella conica. Frisches Material. Verhält sich ganz analog.

Jungermanniaceae anakrogynae:

Aneura palmata. Herbarmaterial. Membranen geben direct Bläuung mit Chlorzinkjod. Kein Millon, keine Eisenreaction.

Metzgeria furcata. Frisches Material. Sehr schwache Cellulosereaction direct; dieselbe sehr stark nach vorherigem Kochen mit Natronlauge allenthalben. Millon ganz schwach. Keine Eisenreaction.

Blasia pusilla L. Herbarmaterial. Starke Millon'sche Reaction, besonders an den Membranen der Rippenzellen. Directe Cellulosereaction fehlt.

Jungermanniaceae akrogynae.

Jungermannia albicans L. Herbarmaterial. Millon in Blattrippen und Stämmchen constatirbar. Keine directe Cellulosereaction, keine Gerbsäurereaction.

J. bicuspidata. Frisches Material. Schwache directe Bläuung mit Chlorzinkjod. Schwacher Millon. Keine Eisenreaction.

J. byssacea. Herbarmaterial. Kein deutlicher Millon. Schwache directe Cellulosereaction an den Membranen der Blattzellen und der Rhizoiden.

J. fimbriata Hook. Herbarmaterial aus S. Thomé (H. Schiffner). Millon rothbraun. Starke Gerbsäurereaction.

J. setiformis Ehrh. Herbarmaterial. Millon im Stämmchen und in den Blattzellmembranen ziemlich stark. Keine directe Chlorzinkjodreaction.

J. tersa Nees. Herbarmaterial. Millon nicht constatirbar. Deutliche Cellulosereaction direct erzielbar an den Membranen der Rhizoiden und des Blattcollenchyms.

J. trichophylla. Herbarmaterial. Schwacher Millon. Keine directe Chlorzinkjodreaction. Gerbsäurereaction deutlich.

Lophocolea bidentata (L.). Herbarmaterial. Kein Millon. Schwache Cellulosereaction direct.

L. heterophylla. Frisches Material. Ebenso.

L. muricata. Herbarmaterial aus Chili (Herb. Schiffner). Kein

Millon. Schwarzgrüne Eisenreaction. Gelbfärbung mit Natronlauge. (In allen Zellmembranen gleichmässig.)

Harpanthus Flotowianus Nees. Herbarmaterial. Millon überall deutlich. An Rhizoiden und Blattzellen schwache directe Cellulosereaction.

Sarcoscyphus emarginatus. Herbarmaterial. Die collenchymatischen Verdickungen der Blattzellwände geben Millon's Reaction. Directe Bläuung mit Chlorzinkjod hie und da schwach an den Randzellen. Nach Kochen mit Natronlauge allenthalben starke Cellulosereaction.

Plagiochila asplenioides (L.). Frisches Material. Keine directe Cellulosereaction. Sehr starker Millon in allen Membranen.

Lepidozia reptans. Frisches Material. Keine Gerbsäurereaction.

Mastigobryum trilobatum (L.). Herbarmaterial. Kein Millon. Starke Gerbsäurereaction.

Ptilidium ciliare (L.). Herbarmaterial. Kein Millon. Gerbsäurereaction positiv.

Mastigophora diclados Nees. Herbarmaterial. S. Thomé (H. Schiffner). Wie vorige.

Lepicolea ochroleuca (Sprg.). Magellanstrasse (H. Schiffner). Kein Millon. Starke Gerbsäurereaction, besonders in den Mittellamellen der Membranen.

Isotachis uncinata. Mauritius (H. Schiffner). Wie vorige.

Trichocolea Tomentella (Huds.). Herbarmaterial. Prachtvoller Millon in der ganzen Pflanze. Keine directe Cellulosereaction. Nach Kochen mit NaOH überall starke Chlorzinkjodbläuung.

Trichocolea lanata. Neuseeland (H. Schiffner). Ebenso.

Lepidolaena clavigera (Hook.). Neuseeland (H. Schiffner). Allenthalben starker Millon. Mit Chlorzinkjod keine Färbung, starke Membranquellung. Keine Eisenreaction.

L. Taylori. Neuseeland (H. Schiffner). Ebenso.

Scapania undulata Nees. Alkoholmaterial. Directe Cellulosereaction an den Membranen der Blattzellen und des Sporogonstieles. Millon und Gerbsäurereaction negativ.

Gottschea sciurea. Amboina (H. Schiffner). Kein Millon. Ueberall Gerbsäurereaction.

G. Blumei. Java (H. Schiffner). (Mässig lange Paraphyllien.) Kein Millon. Starke Gerbsäurereaction. An abgestorbenen Blättern deutliche directe Cellulosereaction.

G. laminigera Hook. f. et Wils. Neuseeland (H. Schiffner) und *G. lamellata*, Magellanstrasse (H. Schiffner), verhalten sich ebenso.

Radula complanata Dum. Herbarmaterial. Kein Millon. Schwache Cellulosereaction direct.

Physiotium cochleariforme Nees. (H. Schiffner). Kein Millon. Starke Gerbsäurereaction.

Ph. giganteum. Singalang auf Sumatra (H. Schiffner). Ebenso. Gerbsäurereaction an den rothbraunen Partien der Pflanzen stärker.

Madotheca platyphylla (L.) Frisches Material. Keine directe Cellulosereaction. Schwacher Millon im Blattparenchym.

Lejeunia serpyllifolia Lib. Herbarmaterial. Schwacher Millon.
Frullania dilatata. Frisches Material. Gerbsäurereaction.
F. Tamarisci. Herbarmaterial. Wie vorige.
F. nigricaulis. Java (H. Schiffner). Ebenso.
F. sp. (usneoider Habitus), Java (H. Schiffner). Gerbsäurereaction. Mit Chlorzinkjod starke Membranquellung, keine Färbung.
Anthoceroteae:
Anthoceros punctatus. Herbarmaterial. Kein Millon.

2. Musci.

Sphagnales:
Sphagnum fimbriatum. Herbarmaterial. Ueberall schöner Millon. Randzellen der Blätter geben schwache deutliche Cellulosereaction direct.
Sph. cuspidatum Ehrh. Derselbe Befund.
Sph. recurvum P. B. Herbarmaterial. Wie vorige.
Sph. compactum Brid. Millon sehr stark. Allenthalben aber auch sehr schwache Cellulosereaction direct.
Sph. acutifolium Ehrh. Frisches Material. Sehr starker Millon. Wenn mehrere Blätter auf einander liegen, so hat die Chlorzinkjodreaction einen Stich ins Violette.
Andreaeales:
Andreaea petrophila Ehrh. Herbarmaterial. Millon zweifelhaft.
Bryales:
Weisiaceae
Gymnostomum rupestre Schleich. Herbarmaterial. Sehr deutlicher Millon in den verdickten Wänden des Blattparenchyms und der Mittelrippe. Keine directe Cellulosereaction.
Hymenostylium curvirostre Lindl. var. scabrum. Herbarmaterial. Millon stark in Blattrippe, Parenchym, Papillen; fehlt in Rhizoiden, Seta, Kapsel. Keine directe Cellulosereaction.
Eucladium verticillatum (L.). Herbarmaterial. Millon stark in Blattrippe, Parenchym, Papillen, fehlt in Rhizoiden. Keine directe Cellulosereaction.
Rhabdoweisiaceae:
Cynodontium strumiferum (Ehrh.) Not. Herbarmaterial. Schwache directe Cellulosereaction. Millon gelbroth an den Blattspitzen, nicht am Blattgrunde. Gerbsäurereaction mit Eisensalz am Blattgrunde localisirt.
Oreoweisa Bruntoni Milde. Herbarmaterial. Im Rhizoidenfilz mit Chlorzinkjod stellenweise directe Bläuung. Millon durchaus negativ. Gerbsäurereaction im Blattzellnetz, nicht in den Rhizoidenmembranen.
Dichodontium pellucidum Schimp. Herbarmaterial. Millon und Cellulosereaction negativ. Starke Gerbsäurereaction.
Dicranaceae:
Dicranella cerviculata Schimp. Herbarmaterial. Kein Millon, keine Cellulosereaction. Starke Gerbsäurereaction.
Dicranum longifolium (Ehrh.). Herbarmaterial. Kein Millon, keine Cellulosereaction. Intensive Gerbsäurereaction. Ebenso verschiedene andere deutsche Dicranumarten.

Campylopus subulatus Schimp. Herbarmaterial. Wie bei voriger Gattung.

Leucobryaceae:

Leucobryum glaucum Schimp. Herbarmaterial. Millon gibt schwache Gelbfärbung. Intensive Eisenreaction und Gelbfärbung mit Natronlauge. Keine Cellulosereaction direct.

Fissidentaceae:

Fissidens taxifolius Hedw. Frisches Material. Millon deutlich im Blattparenchym und Rippe. Chlorzinkjodprobe direct negativ, mit starker Membranquellung.

Ditrichaceae:

Ceratodon purpureus Brid. Frisches Material. Millon und Cellulosereaction negativ. Gerbsäurereaction positiv.

Ditrichum homomallum Hampe. Herbarmaterial. Millon in den Blattzellmembranen bräunlichroth.

Pottiaceae:

Barbula convoluta Hedw. Herbarmaterial. Nirgends Millon oder Cellulosereaction. Ueberall Gerbsäurereaction.

Tortula muralis. Herbarmaterial. Starke Gerbsäurereaction, auch in den Papillen, nicht aber in den Haarspitzen.

Grimmiaceae:

Cinclidotus riparius (Host.). Herbarmaterial. Millon in Blattrand und Rippe deutlich. Die Eisenreaction stärker, ebenso localisirt wie Millon. Mit Chlorzinkjod starke Quellung, keine Bläuung.

Schistidium alpicola var. β rivulare Wahlenb. Herbarmaterial. Schwacher Millon im Blattparenchym. Keine Cellulosereaction. Schwache Gerbsäurereaction.

Grimmia leucophaea Grev. Herbarmaterial. Kein Millon. Starke Gerbsäurereaction. Directe Cellulosereaction nur in der Haarspitze der Blätter.

Racomitrium canescens Brid. Herbarmaterial. Millon negativ. Nur in den hyalinen Blatspitzen sehr schwache directe Cellulosereaction, sonst nirgends. Starke Gerbsäurereaction, auch in den Papillen, nicht aber in den Haarspitzen. — Bei *R. lanuginosum* geben die Haarspitzen deutliche Cellulosereaction.

Orthotrichaceae:

Ulota americana Mitt. Herbarmaterial. Cellulosereaction und Millon negativ. Deutliche Gerbsäurereaction.

Orthotrichum rivulare Turn. Herbarmaterial. Wie vorige. Alle deutschen Orthotrichen verhalten sich gleich.

Encalyptaceae:

Encalypta vulgaris Hoffm. Herbarmaterial. Millon deutlich im Blattparenchym, in den Rippen, Papillen. Gerbstoffreaction ungefähr gleich localisirt, deutlich. Directe Cellulosereaction im unteren Theil der Calyptra, in den Rhizoiden.

Funariaceae:

Entosthodon fascicularis C. Müll. Herbarmaterial. Im Blattparenchym schwache Chlorzinkjodbläuung. Deutliche intensive Gerbsäurereaction.

Funaria hygrometrica Sibth. Frisches Material. Derselbe Befund. Gerbsäurereaction besonders am Blattgrunde.

Bryaceae:

Bryum caespiticium L. Frisches Material. Kein Millon, keine Cellulosereaction. Starke Gerbstoffreaction, auch in Blattspitzen und Rhizoiden. — Derselbe Befund bei einer grossen Zahl anderer einheimischer Bryumarten.

Mnium punctatum Hedw. Herbarmaterial. Sehr schwacher Millon im Blattzellnetz. Gerbstoffreaction an Blattrand, Rippe, Rhizoiden.

Mn. hornum. Frisches Material. Blattzellmembranen geben schwache Cellulosereaction, die inneren Zelllagen im Stämmchenquerschnitt ebenfalls. Millon negativ. Die dickwandigen Elemente geben schwärzlichgrüne Eisenreaction.

Aulacomniaceae:

Aulacomnium androgynum Schwägr. Altes Herbarmaterial. Millon schwach bräunlich.

Bartramiaceae:

Bartramia pomiformis Hedw. Frisches Material. Millon gelbbraun. Keine Eisenreaction. Keine Cellulosereaction.

Philonotis fontana Brid. Herbarmaterial. Allenthalben intensive Eisenreaction. Millon erzeugt bräunlichrothe Reaction in den Blattrippen.

Polytrichaceae:

Catharinaea undulata Web. & Mohr. Herbarmaterial. Allenthalben intensive Eisenreaction, auch in den Haaren. Mit Chlorzinkjod starke Quellung der Membranen, nur an den Randzellen der Blätter schwache Violettfärbung. Millon in den Blattrippen braunröthlich.

Polytrichum piliferum Schreb. Frisches Material. In den Blattrippen rothbraune Millon'sche Reaction. Mit Chlorzinkjod werden die Membranen der Blattgrundzellen und die Haare der Haube violett. Gerbsäurereaction im oberen Theile der Blätter und in den Rippen.

Polytrichum commune. Frisches Material. Derselbe Befund. Im Leptom im Stämmchenquerschnitt keine Blaufärbung mit Chlorzinkjod.

Georgiaceae:

Georgia pellucida Rab. Frisches Material. Deutlicher Millon im Blattparenchym und in den Rippen. Keine Gerbsäurereaction. Nur in den Rhizoiden Cellulosereaction.

Buxbaumiaceae:

Diphyscium sessile Lindl. Herbarmaterial. Millon mit bräunlichem Ton. Schwache Gerbsäurereaction in den Blattrippen, sonst fehlend. Mit Chlorzinkjod starke Quellung der Membranen, keine Färbung.

Fontinalaceae:

Fontinalis antipyretica L. Herbarmaterial. Millon stark und schön in Stämmchen und Blattzellenmembranen. Leichte Spur von Eisenreaction. Keine Chlorzinkjodbläuung.

Dichelyma falcatum Myr. Herbarmaterial. Genau wie vorige.

Cryphaeaceae:

Leucodon sciuroides Schwgr. Herbarmaterial. Starker Millon an Blattgrund und Stämmchen. Keine Chlorzinkjodbläuung.

Neckeraceae:

Neckera crispa Hedw. Herbarmaterial. Deutlicher Millon in allen Blattzellmembranen. Keine Cellulosereaction. In den älteren Blättern leichte Eisenreaction.

Homalia trichomanoides (Schreb.). Herbarmaterial. Ueberall deutliche Millon'sche Reaction der Zellmembranen.

Leskeaceae:

Leskea polycarpa Ehrh. Herbarmaterial. Millon positiv. Keine Cellulosereaction.

Anomodon viticulosus Hook. et Tayl. Herbarmaterial. Schöne Millon'sche Reaction allenthalben in den Membranen. Keine Cellulosereaction.

Heterocladium squarrosulum Lindl. Herbarmaterial. Intensiver Millon. Keine Färbung, aber starke Quellung mit Chlorzinkjod.

Thuidiam tamariscinum (Hedw.). Frisches Material. Millon positiv. Quellung und keine Färbung mit Chlorzinkjod.

Hypnaceae:

Pylaisia polyantha (Schreb.). Herbarmaterial. Millon deutlich. Keine Cellulosereaction.

Climacium dendroides Web. et Mohr. Herbarmaterial. Intensiver Millon. Keine Cellulosereaction.

Isothecium myurum Brid. Herbarmaterial. Intensiver Millon. Keine Cellulosereaction.

Homalothecium sericeum Br. et Sch. Herbarmaterial. Wie vorige.

Camptothecium nitens Schreb. Herbarmaterial. Millon deutlich. Keine Cellulosereaction.

Brachythecium Rutabulum Br. et Sch. Herbarmaterial. Derselbe Befund.

Eurrhynchium striatum Schimp. Herbarmaterial. Millon stark. Chlorzinkjod erzeugt starke Quellung, keine Färbung.

Rhynchostegium megapolitanum (Dicks.). Herbarmaterial. Wie vorige.

Thamnium alopecurum Br. et Sch. Herbarmaterial. Millon sehr stark. Keine Cellulosereaction.

Plagiothecium silesiacum Beauv. Herbarmaterial. Millon positiv. Keine Chlorzinkjodbläuung.

Amblystegium serpens. Frisches Material. Millon schwach, Mittellamelle der Membranen am intensivsten roth. Keine Cellulosereaction.

Hypnum Schreberi W. Herbarmaterial. Millon positiv. Keine Cellulosereaction.

H. filicinum L. Herbarmaterial. Milon positiv. Stellenweise an den Blattzellen Violettfärbung der Membranen durch Chlorzinkjod.

H. cupressiforme L. Frisches Material. Millon positiv. Keine Cellulosereaction. Violette Eisenreaction.

Hylocomium triquetrum. Herbarmaterial. Millon intensiv, wie überall bei den Hypnaceen in der Rippe am stärksten. Chlorzinkjod gibt keine Färbung, etwas Quellung. Alle Hypnaceen geben in ihren Blattzellmembranen eine leichte, deutliche Eisenreaction, grün oder violett.

Bei artenreichen Gattungen habe ich mich nicht mit der Untersuchung der in vorstehendem Verzeichnisse aufgezählten Formen begnügt, sondern stets eine grössere Artenzahl verglichen. Ich constatirte in allen Fällen, dass sich die Arten einer Gattung vollkommen gleich verhalten und habe deswegen die Befunde nicht vollständig angeführt. Es wurde ferner auch Rücksicht genommen auf verschiedenen Standort ein und derselben Art, und Schatten- wie Sonnenformen, fluthende Wasserformen und Landformen untersucht, ohne dass sich eine Differenz in dem chemischen Verhalten der Zellwände ergab.

Es ist somit die chemische Zusammensetzung der Zellwände für eine bestimmte Species vollkommen constant in Hinblick auf den Gehalt an Sphagnol, Dicranumgerbsäure und an direct nachweisbarer Cellulose.

Wie die Durchsicht der mitgetheilten Untersuchungsresultate lehrt, beschränkt sich die Constanz der Befunde nicht auf Species und Gattung, sondern betrifft auch grössere Gruppen, so dass speciell für die Laubmoose die Familien auch bezüglich der Chemie der Zellmembranen recht wohl charakterisirt sind. Für die Lebermoose gilt dies jedoch nicht. Eine Zusammenstellung der betreffenden Ergebnisse folgt nachstehend.

Lebermoose.

Ricciaceae: Cellulose direct nachweisbar. Oxymitra verhält sich wie die folgende Familie.

Marchantiaceae: Schwächere Sphagnolreaction der Thalluszellwände. Starke Reaction an Rhizoiden. Keine Gerbsäure.

Jungermanniaceae anakrogynae: Directe schwache Cellulosereaction, bisweilen fehlend (Blasia). Sphagnol kann fehlen oder vorhanden sein (Blasia). Keine Gerbsäure.

Jungermanniaceae akrogynae: Selten schwache directe Cellulosereaction. Fälle von starker Sphagnol- und Gerbsäurereaction verbreitet. Es verhalten sich nur einige kleinere Gattungsgruppen gleich. Die von Schiffner im Wesentlichen nach dem Vorgange von Spruce in den „Natürl. Pflanzenfamilien“ aufgestellten Familien sind nicht durch ein charakteristisches chemisches Verhalten der Zellmembranen von einander geschieden.

Die grösste und in der Systematik grossentheils unklare Gruppe der *Epigonianthae* wurde von mir viel zu unvollständig untersucht, als dass ich mir ein Urtheil von allgemeiner Giltigkeit erlauben kann. Es scheinen alle hieher gerechneten Lebermoose wenig oder gar kein Sphagnol zu enthalten, nicht selten geben ihre Membranen direct

Cellulosereaction. Gerbsäurereaction der Membranen fand ich intensiv nur bei Lophocolea.

Aus der Gruppe der *Trigonanthae* enthält unser *Mastigobryum trilobatum* viel Gerbsäure, *Lepidozia reptans* keine. Die *Ptilidioideae* zerfallen nach der Beschaffenheit der Membranstoffe in zwei Gruppen, die auch natürlichen Verwandtschaftskreisen entsprechen. Die Gruppe *Trichocolea-Lepidolaena* enthält Sphagnolpflanzen, die Gruppe *Ptilidium* und näherstehende Gattungen (*Mastigophora, Lepicolea, Isotachis*) besteht aus Gerbsäurepflanzen. Auch *Jungermannia trichophylla L.* (= *Blepharostoma trichophyllum Dum.*) und *Jungermannia fimbriata Hook.* (= *Chandonanthus hirtellus* [*Webb.*] *Mitt.*), die in neuerer Zeit zu den *Ptilidioideae* gezählt werden, sind gerbsäurehaltig.

Gottschea enthält ausschliesslich Lebermoose, deren Zellhäute starke Gerbsäurereaction geben; dabei kann man wohl Beziehungen zu Ptilidium und Verwandten wieder erkennen, nachdem auch nach einigen anderen Merkmalen zu den *Ptilidioideae* verwandtschaftliche Beziehungen bestehen. Die von Schiffner mit Gottschea in die Gruppe der *Scapanioideae* zusammengestellten Gattungen Diplophyllum (hierher *Jungermannia albicans L.*) und Scapania sind keine Gerbsäurepflanzen. Sie zeigen auch sonst differentes Verhalten. *Jungermannia albicans* enthält Sphagnol, Scapania nicht, und gibt Cellulosereaction der Membranen.

Physiotium enthält Gerbsäurepflanzen.

Radula gibt Cellulosereaction.

Madotheca zeigt Sphagnolreaction.

Von Lejeunia wurde nur *L. serpyllifolia* untersucht und als wenig sphagnolhaltig erkannt. Die Frullanien sind typische Gerbsäurepflanzen, nie sphagnolhaltig.

Vielleicht würde eine eingehendere Untersuchung, nach den bereits gemachten Befunden zu urtheilen, dennoch systematische Behelfe von einigem bestätigendem Werthe zu Tage fördern, und ich will nicht versäumen, auf diesen Punkt aufmerksam zu machen, nachdem ich voraussichtlich keine Gelegenheit haben werde, mich mit diesem Gegenstande weiter zu beschäftigen.

Laubmoose.

Sphagnales: Alle Sphagnumarten reich an Sphagnol, nie Gerbsäure in den Membranen enthaltend.

Andreaeales: Bei der untersuchten *Andreaea petrophila* erhielt ich keine Gerbsäurereaction, es blieb aber auch Millon zweifelhaft.

Bryales:

Weisiaceae. Die untersuchten Gattungen Gymnostomum, Hymenostylium und Eucladium sind sphagnolhaltig und geben keine Gerbsäurereaction.

Die untersuchten Rhabdoweisiaceengattungen Cynodontium, Oreoweisa und Dichodontium sind im Gegensatze hiezu stets Gerbsäurepflanzen und enthalten nie Sphagnol.

Ganz analog steht es bei den *Dicranaceae, Leucobryaceae.* Fissidens enthält Sphagnol.

Bei den *Ditrichaceae* ist Ceratodon gerbsäurehaltig, während Ditrichum Sphagnolreaction gibt.

Gerbsäurepflanzen sind ferner die *Pottiaceae*, soweit untersucht.

In der Familie der *Grimmiaceae* scheinen alle xerophytischen Formen gerbsäurehaltig zu sein. Die Wasserformen (*Cinclidotus, Schistidium alpicola var. rivulare*) enthalten Sphagnol in den Membranen. Von Interesse ist ferner, dass die hyaline Haarspitze der Grimmien und Racomitrien Cellulosereaction gibt und nie Gerbsäurereaction zeigt.

Die *Orthotrichaceae* sind Gerbsäurepflanzen, ebenso die *Funariaceae.*

Encalypta gibt in den Blattzellmembranen Sphagnolreaction.

Alle *Bryaceae* incl. *Aulacomniaceae* und *Bartramiaceae* sind gerbsäurehaltig. Bei den Bartramiaceen ist Millon'sche Reaction zu erhalten, doch in abweichender Nuance; ob Sphagnol zugegen, ist noch endgiltig sicher zu stellen.

Die Blätter der *Polytrichaceae* geben sowohl Eisenreaction als Millon'sche Reaction in ihren Zellmembranen. Es sind wohl beide Stoffe nebeneinander vorhanden.

Georgia enthält nur Sphagnol.

Ebenso dürfte Sphagnol neben wenig Gerbsäure bei Diphyscium vorhanden sein.

Reich an Sphagnol sind die *Fontinalaceae.* Doch ist auch Gerbsäure in geringerer Menge nachweisbar.

Ganz ähnlich ist das Verhältniss bei den *Hypnaceae* und den verwandten pleurocarpen Familien der *Cryphaeaceae, Neckeraceae* und *Leskeaceae.* Sphagnol scheint hier stets reichlich vorzukommen, und in der Regel ist eine schwache Eisenreaction zu beobachten.

Nach diesen noch relativ wenig ausgebreiteten Erfahrungen scheint es in der That, als ob die natürlichen Verwandtschaftsgruppen der Laubmoose auch in der chemischen Beschaffenheit der Zellmembran wohl charakterisirt wären. Es ist wohl der Mühe werth, noch eingehender nachzusehen, ob diesem Merkmale ein reeller systematischer Werth zukommt. Hier möge es genügen, dass ich auf diese Verhältnisse aufmerksam gemacht habe.

Zur biologischen Bedeutung der aromatischen Constituenten in der Mooszellmembran.

Nach den erörterten Beziehungen zwischen Familienzugehörigkeit und chemischer Zusammensetzung der Zellmembranen hat es, wenigstens für die Laubmoose, den Anschein, als ob die vererbten Eigenschaften hier ausschlaggebend seien und unter verschiedenen Lebensbedingungen die Zellwände einer Art oder nahe verwandter Arten stets gleiche Beschaffenheit zeigten. Doch seien einige Momente, die

sich aus unseren Beobachtungen ergeben, als meiner Meinung nach beachtenswerth hervorgehoben.

Bei den Laubmoosen tritt ganz deutlich die Neigung der im und an Wasser lebenden Formen hervor, reichlichen Sphagnolgehalt der Wände zu zeigen. Abgesehen von Sphagnum, zeigen dieses Verhalten Eucladium, Cinclidotus (aus der sonst Gerbsäure enthaltenden Familie der *Grimmiaceae*), Fontinalis, Dichelyma.

Es zeigten mir endlich alle Formen von Philonotis Millon'sche Reaction neben einer intensiven Eisenreaction im Blattzellnetz, ein Verhalten, welches vielleicht wie bei Cinclidotus auf die natürliche Verwandtschaftsgruppe Bezug nimmt.

Die Beziehungen zwischen Sphagnolgehalt der Membranen und den Anpassungen an sehr feuchten Standort oder an das Leben im Wasser sind somit bei den Laubmoosen recht ausgeprägt.

Es scheint ferner, als ob die Arten des tiefen Waldschattens häufiger Sphagnolpflanzen wären als nicht beschattet lebende Arten. Beispiele wären *Georgia pellucida* und die Hypnaceen nebst Verwandten.

Gerbsäuregehalt der Membran ist für mehrere echt xerophytische Formenkreise der Laubmoose als typisch zu constatiren, z. B. Tortula, Barbula, Grimmia, Racomitrium, viele Formen der *Orthotrichaceae* und von Bryum. Hier fehlt Sphagnol stets. Die Haarspitze der Blätter bei zahlreichen hierher gehörenden Pflanzen enthält nie Gerbsäure und gibt directe Cellulosereaction.

Für die Lebermoose lässt sich jedoch kaum eine Beziehung zwischen Standort und der Membranbeschaffenheit behaupten. Die hier so reich gegliederte Anpassung der Blätter an Wasseraufnahme mittels Paraphyllien, Wassersäcken, vorspringenden Lamellen bietet keine Anknüpfungspunkte zur chemischen Zusammensetzung der Membran. Hier gibt offenbar die natürliche Verwandtschaft den Ausschlag, so dass die Wassersäcke führende Gattung *Lepidolaena* mit den Paraphyllien tragenden Trichocoleen in Bezug auf den Spagnolgehalt übereinstimmt, und andererseits die Wassersäcke tragenden Gattungen Frullania, Physiotium mit den mit Paraphyllien versehenen Gottscheaarten, *Lophocolea muricata* u. a. gemeinsam reichlich Dicranumgerbsäure in den Blattzellmembranen aufweisen.

Die *Ricciaceae*, soweit sie sehr feuchte Standorte bewohnen oder direct Wasserpflanzen sind („Ephemerer Typus der Marchantiales" Kamerling's)[1]), geben in den Membranen allenthalben Cellulosereaction.

1) Flora, Ergänzungsbd. 1897 pag. 63.

Für Oxymitra und die *Marchantiaceae* im engeren Sinne ist Sphagnolgehalt und stete Abwesenheit von Gerbsäure charakteristisch. Von Interesse ist der hohe Sphagnolgehalt in den Zäpfchenrhizoiden, den Wasseraufnahmsorganen dieser Lebermoose (vgl. hiezu Kamerling l. c. pag. 4 ff.). Im Einklange mit der Beobachtung, dass die Laubmoose sehr nasser Standorte in der Regel in den Blattzellmembranen starke Sphagnolreaction geben, werden wir hier einen Zusammenhang der chemischen Membranbeschaffenheit mit der Function vermuthen dürfen. Bei *Marchantia palmata* konnte ich ferner ganz deutlich feststellen, dass die Sphagnolreaction an den Zäpfchenrhizoiden stärker eintrat als an den Membranen der glatten Rhizoiden. Wie Kamerling dargethan hat, haben wir in den Zäpfchen Einrichtungen im Dienste der capillaren Wasserleitung im Innern der Rhizoiden zu erblicken, und es ist wohl bemerkenswerth, dass mit der morphologischen Anpassung auch eine chemische Aenderung der Membran einhergeht. An den Rhizoiden der Jungermanniaceen fand ich nie Sphagnolreaction, ebenso kommt niemals, so weit die Untersuchungen reichen, in den Laubmoosrhizoidenmembranen Sphagnol vor. Bei allen diesen Organen handelt es sich wohl in erster Linie um Befestigungsorgane, und wie Oltmanns gezeigt hat, dient der Rhizoidenfilz der Laubmoose als wasserleitender Docht, indem zwischen den Wurzelfäden das Wasser capillar emporsteigt. Im Innern dieser Rhizoiden dürfte wohl kaum ein Aufsteigen des Wassers im Dienste der regelmässigen Wasserversorgung der Pflanzen statthaben, und ich bin geneigt, auch die chemische Membranbeschaffenheit mit der biologischen Aufgabe in Beziehung zu setzen.

Die Zellwände im Protonema verschiedener Laubmoose, die ich untersuchte, geben stets direct Cellulosereaction und enthalten nie Sphagnol oder Gerbsäure.

Bezüglich der Blätter der Moose ergeben sich in Hinblick auf die gefundenen Resultate eine Reihe erwähnenswerter Gesichtspunkte.

Wir können heute kaum mehr zweifeln, dass für die grosse Mehrheit der Laub- und Lebermoose die Blätter das hauptsächlichste Organ zur Wasseraufnahme darstellen. Eine interessante Ausnahme bildet der Marchantiaceenthallus, welcher sich durch die Zäpfchenrhizoiden versorgt und im Ganzen den Verhältnissen an höheren Pflanzen etwas angenähert erscheint. Bei den übrigen Moosen ist jedoch die Anpassung an directe Wasseraufnahme durch die Blätter unverkennbar und es erreichen, wie besonders Goebel ausführlich

gezeigt hat, selbst Einrichtungen zum Festhalten des Wassers häufig einen hohen Grad von Vollkommenheit.

Sphagnol findet sich nun im Allgemeinen häufig reichlich in den Zellmembranen der Blätter von solchen Moosen, welche Standorte bewohnen, wo den Blättern stets Wasser reichlich zu Gebote steht oder wenigstens durch eine feuchte windstille Luft und schattigen Ort der Wasserverlust sehr verlangsamt wird. Wir haben als Beispiele wasserbewohnende Moose (*Fontinalaceae, Cinclidotus* u. a.), Moose sehr nasser Localitäten (*Sphagnum, Eucladium* u. a.), hygrophile Waldbewohner (*Georgia, Hypnaceae*) bereits erwähnt, sämmtlich Sphagnol in den Blattmembranen enthaltend. Die offenbar vorhandene Beziehung sphagnolhältiger Zellmembranen zu der Lebensweise der Pflanzen findet vielleicht theilweise Aufklärung in den antiseptischen Eigenschaften des Sphagnols, die ich durch einige Versuche feststellen konnte.

1. Vier Reagensröhrchen mit Nährbouillon wurden mit Fleischextractlösung, welche in Fäulniss übergegangen war, geimpft. Zwei Röhrchen blieben ohne Zusatz, ein Röhrchen wurde mit 2 cm^3 10proc. Sphagnollösung, ein Röhrchen mit 2 cm^3 5proc. Sphagnollösung versetzt. Nach 24 Stunden waren die Culturen ohne Sphagnolzusatz stark getrübt, die beiden mit Sphagnol versetzten Proben klar. Am zweiten Tage leichte Trübung der 5proc. Sphagnollösung, die 10proc. klar. Am dritten Tage dasselbe. Am vierten Tage war auch in der 10proc. Sphagnollösung eine leichte Trübung sichtbar, während die 5proc. Lösung merklich stärker getrübt war, jedoch ungleich weniger als die Controlleproben.

2. Derselbe Versuch mit Impfung von einer Reincultur von *Bacillus fluorescens liquefaciens.* Genau dasselbe Resultat.

3. Derselbe Versuch mit *Bacillus subtilis.* Auch hier in den Sphagnolhältigen Lösungen in den ersten 48 Stunden kein Wachsthum.

4. Sterilisirte Stückchen Seidenfaden wurden mit *Bacillus fluorescens liquefaciens* imprägnirt, getrocknet, 24 Stunden in concentrirte (20proc.) Sphagnollösung eingelegt und nach vorherigem raschen Abspülen mit ausgekochtem Wasser in Nährbouillonreagensgläser geworfen. Ein Wachsthum der Bacterien konnte nicht constatirt werden.

5. Von zwei mit Nährsalzzuckerpeptonlösung beschickten und mit Aspergillus niger geimpften Kölbchen wurde das eine mit $^1/_4$ Volumen 5proc. Sphagnollösung versetzt. Aspergillus erschien in der letzteren Cultur nur in körnigen kleinen Mycelflöckchen, die später in spärliche Gemmenbildung übergingen.

6. 5 cm^3 aus einem Aquarium entnommenes Wasser, welches sehr viele Daphnien enthielt, wurden mit 5 cm^3 10proc. Sphagnollösung versetzt. Die Thiere waren in wenigen Sekunden regungslos. Selbst 1proc. Sphagnollösung tödtete sie in einigen Minuten.

Nachdem fäulnisshemmende Eigenschaften dem Sphagnol ohne Zweifel zukommen, liegt es nahe, ihm die Rolle eines Schutzmittels bei Moosen nasser Standorte zuzuschreiben und vielleicht bildet die Gegenwart dieses Stoffes einen Schutz gegen den Angriff kleiner Thiere, auf die Sphagnol giftig wirkt.

Die fäulnisswidrigen Eigenschaften von Sphagnum sind ja bekanntlich längst praktisch verwerthet.

Die echten Xerophyten unter den Moosen scheinen sämmtlich in den Zellmembranen ihrer Blätter Dicranumgerbsäure zu enthalten und niemals Sphagnol-Celluloseäther. Sehr interessant ist auch das Vorkommen von Gerbsäure bei Leucobryum, einem Bewohner trockener Heidewälder, mit ausgezeichnet zur Wasserspeicherung adaptirten Blättern [1]). Die exotischen Leucobryaceen und die biologisch nahestehenden Pottiaceengattungen Syrrhopodon, Calymperes werden voraussichtlich (ich habe sie nicht untersucht) gleichfalls Gerbsäure in den Membranen enthalten.

Bei den mit Haarspitze ausgerüsteten Blättern vieler xerophytischer Formen ist es bemerkenswerth, dass die hyaline Blattspitze nie gerbsäurehaltige, sondern Cellulosereaction gebende Membranen enthält. Dies gilt auch von denjenigen Formen, welche sich durch das Hyalinwerden eines erheblichen Antheiles der Blätter auszeichnen. Ausser der von Goebel hervorgehobenen Rolle der Haarspitzen xerophytischer Moose als Knospenschutz, indem sich die Haare über der Endknospe zusammenneigen, kommt diesen hyalinen Haaren gewiss auch eine Bedeutung zu als wasserauffangende Organe. Befeuchtet man einen Grimmiarasen, so sieht man zunächst an der Spitze eines jeden Pflänzchens einen grossen Wassertropfen zwischen den Haarspitzen, welche etwas zusammenneigend und verschieden verbogen emporstehen, sofort capillar festgehalten. Nach kurzer Zeit biegen sich die obersten befeuchteten Blätter zurück, es wird sofort der Tropfen nachgesaugt und die hyalinen Spitzen werden wieder frei. Die Hyalinspitzen dienen somit vor allem zum ersten Auffangen des Wassers. Wenn die obersten Blätter befeuchtet und ausgebreitet sind, sind capillare Räume in grosser Zahl zwischen den Blättern

---

1) Vergl. hiezu Lorch, Flora 1894 pag. 424.

geboten und es kann eine erhebliche Wassermenge festgehalten werden. Dabei sind die xerophytischen Moose stets halbkugelige Polster, bieten also in Bezug auf ihr Volumen die kleinste Oberfläche, um die Verdunstung möglichst zu verlangsamen. Es ist gut denkbar, dass die chemische Beschaffenheit der hyalinen Spitzen zusammenhängt mit sehr leichter Benetzbarkeit und der nur auf das Auffangen des Wassers und baldiges Abtrocknen, nicht aber auf dauernde Befeuchtung hinzielenden Function dieser Gebilde.

Welche Bedeutung kommt andererseits dem Gerbsäuregehalt der Membranen vieler Moosblätter zu? Die Vermuthung liegt nahe, dass, wie viele andere Gerbsäuren, so auch die Dicranumgerbsäure der Moose die Rolle eines Schutzstoffes vermöge antiseptischer Eigenschaften spielt. Analoge Versuche, wie sie oben als unter Anwendung von Sphagnol angestellt beschrieben wurden, führten mich auch bezüglich der Dicranumgerbsäure zum Ergebniss, dass wir es mit einem Antisepticum zu thun haben. Die Giftwirkung ist jedoch bedeutend schwächer als jene des Sphagnols.

In 10—15proc. wässeriger Lösung zeigte die Dicranumgerbsäure gegenüber entsprechenden Controlleproben eine deutliche Hemmung des Wachsthums von *Bacillus fluorescens liquefaciens* und Gemischen von Fäulnissbacterien. Die bactericide Wirkung verschwindet anscheinend vollkommen, sobald die Nährlösung 5 % und weniger Gerbsäure enthält.

Auf Daphnien war 5proc. Lösung noch schädlich. Es starb die Mehrzahl der Thiere binnen sechs Stunden ab. Einzelne lebten noch am folgenden Tage. Nach zwei Tagen waren alle todt.

Die Dicranumgerbsäure dürfte somit ebenfalls die Bedeutung eines Schutzstoffes bei längerer Befeuchtung der Blätter besitzen.

Es ist jedoch zweifellos die Wirksamkeit dieses Körpers geringer als jene des Sphagnols, indem die antiseptischen Eigenschaften nicht in dem Maasse wie bei letzterem ausgeprägt sind, und auch, wie die Untersuchung der chemischen Eigenschaften lehrte, die Dicranumgerbsäure viel leichter zersetzlich ist als das Sphagnol. Schon Kochen mit verdünnten Alkalien oder Säuren zerstört die Gerbsäure, während das Sphagnol bei dieser Behandlung nicht im Geringsten Zersetzung erleidet.

Aus dem Gesagten geht somit hervor, dass die biologische Bedeutung der in den Mooszellmembranen aufgefundenen aromatischen Körper wohl in ihrer Rolle als Antiseptica und Schutzstoffe zu suchen ist. Bei der grossen Rolle der Blätter der Moose für die Wasser-

versorgung der Pflanzen, wobei oft lange dauernde Benetzung dieser zarten Organe mit Wasser vorkommt, ist diese Eigenthümlichkeit der Membranen von hervorragendem Werthe.

Die höheren Pflanzen, bei denen die Function der Wasseraufnahme von den Blättern auf die Wurzeln übergegangen ist, schützen bekanntlich ihre Laubblätter gegen langwährende Benetzung durch einen cuticularisirten Ueberzug, welcher für Wasser äusserst wenig durchlässig ist. Besondere Schutzstoffe der Membranen liegen hier in der Regel nicht vor. Es liegen allerdings Beobachtungen vor, dass Zellmembranen (sicher unverholzt) in Blattgeweben Millon'sche Reaction zeigen, was sehr für die Gegenwart einer aromatischen Verbindung sprechen würde. Ich habe hier die Angaben von Krasser, Correns und A. Fischer bezüglich der Membranen mancher Gewebe in Bromeliaceenblättern, in Stamm und Blatt von *Zea Mays* im Auge. Hierüber wolle man besonders die kritische Untersuchung von Correns[1]) vergleichen. Die Natur der hier vorliegenden Substanz ist noch näher festzustellen. Correns lenkt (ohne hinreichende Begründung) seine Vermuthung auf Tyrosin. Unwahrscheinlich ist es nicht, dass die Substanz mit Sphagnol verwandt oder identisch ist.

1) Jahrb. für wiss. Bot. **26**, 593 ff.

Laboratoriumsnotizen.

Von
F. Noll.

Mit der Publication der folgenden Notizen verbinde ich nicht den Anspruch, durchaus Neues mitzutheilen. Es mag sein, dass einzelne der anzuführenden Einrichtungen und Versuche, vielleicht mit unwesentlichen Abweichungen, schon auf anderen botanischen Instituten in Gebrauch sind, ohne zu meiner Kenntniss gekommen zu sein. Aber wenn auch nur eine der folgenden Vorrichtungen, die sich mir bewährt haben, dem Leser dieser Zeilen das eigene Arbeiten und Demonstriren erleichtert, so betrachte ich ihren Zweck als reichlich erfüllt.

1. Ein Ofenschirmwärmschrank.

Bei der Neueinrichung von Arbeitszimmern auf dem botanischen Institut der landwirthschaftlichen Akademie Poppelsdorf stellte sich die Nothwendigkeit ein, Holzmöbel in der Nähe von Oefen gegen die strahlende Wärme durch Ofenschirme zu schützen. Um die von letzteren abgefangene Wärme in anderer Weise aber wieder nutzbar zu machen, liess ich den neu zu beschaffenden Ofenschirmen die Form von Wandschränken ertheilen, die, vor das zu schützende Möbel gestellt, die sie treffende Ofenhitze zur mässigen Erwärmung des Luftraums im Innern verwenden sollten.

Diese Einrichtung bewährte sich im Laufe des vergangenen Winters so vorzüglich, dass ich Konstruktion und Maasse eines solchen Ofenschirmschrankes hier kurz mittheilen möchte.

Der Schrank, wie er in meinem Arbeitszimmer die Flanke eines halbhohen Schrankes schützt (Fig. 1), ist 118 cm hoch, 60 cm breit und 18,5 cm tief. Seine Rückenwand ist oberwärts etwas verlängert und an die Oberkante des Holzmöbels angeschraubt, um eine feste Stellung zu sichern. Das Material ist starkes Eisenblech, in Uebereinstimmung mit den übrigen Möbeln in Eichenholzfarbe gestrichen. Das Innere zerfällt in zwei über einander liegende Abtheilungen mit je einer gut schliessenden eisernen Thüre. Jede der Abtheilungen ist durch Zwischenböden noch einmal in drei Stockwerke getrennt, die so hoch sind, dass sie bequem mittelgrosse Blumentöpfe mit Pflänzchen oder Glasschalen u. dgl. fassen. Jedes der sechs Stockwerke kann durch einen seitlich angebrachten Schieber ventilirt und in seiner Wärme ausreichend regulirt werden.

In der Nähe eines, auch die Nacht durch brennenden eisernen Füllofens hielten sich in diesem Ofenschirmschrank die Temperaturen meist zwischen 20 und 25° C., boten also zur Cultur von Wurzeln, Keimlingen, Pilzen und Bacterien ganz vorzügliche Bedingungen, zumal wenn durch eingebrachte wasserdurchtränkte Sphagnumbündel oder Moosrasen die Luft relativ feucht gehalten wurde. Die genannten Culturen gediehen unter diesen Umständen im Winter meist besser als im Sommer mit seinen oft wechselnden und nicht selten niederen Temperaturen. Culturen, die des Lichtes benöthigen, lassen sich darin natürlich nicht dauernd unterhalten; solche Culturen eignen sich aber überhaupt nicht für den Winter mit seinen äusserst kurzen und dazu meist noch trüben Tagen. — Während des Sommers dienen mir die Ofenschirmschränke, innen mattschwarz gestrichen, als sehr brauchbare Dunkelschränke.

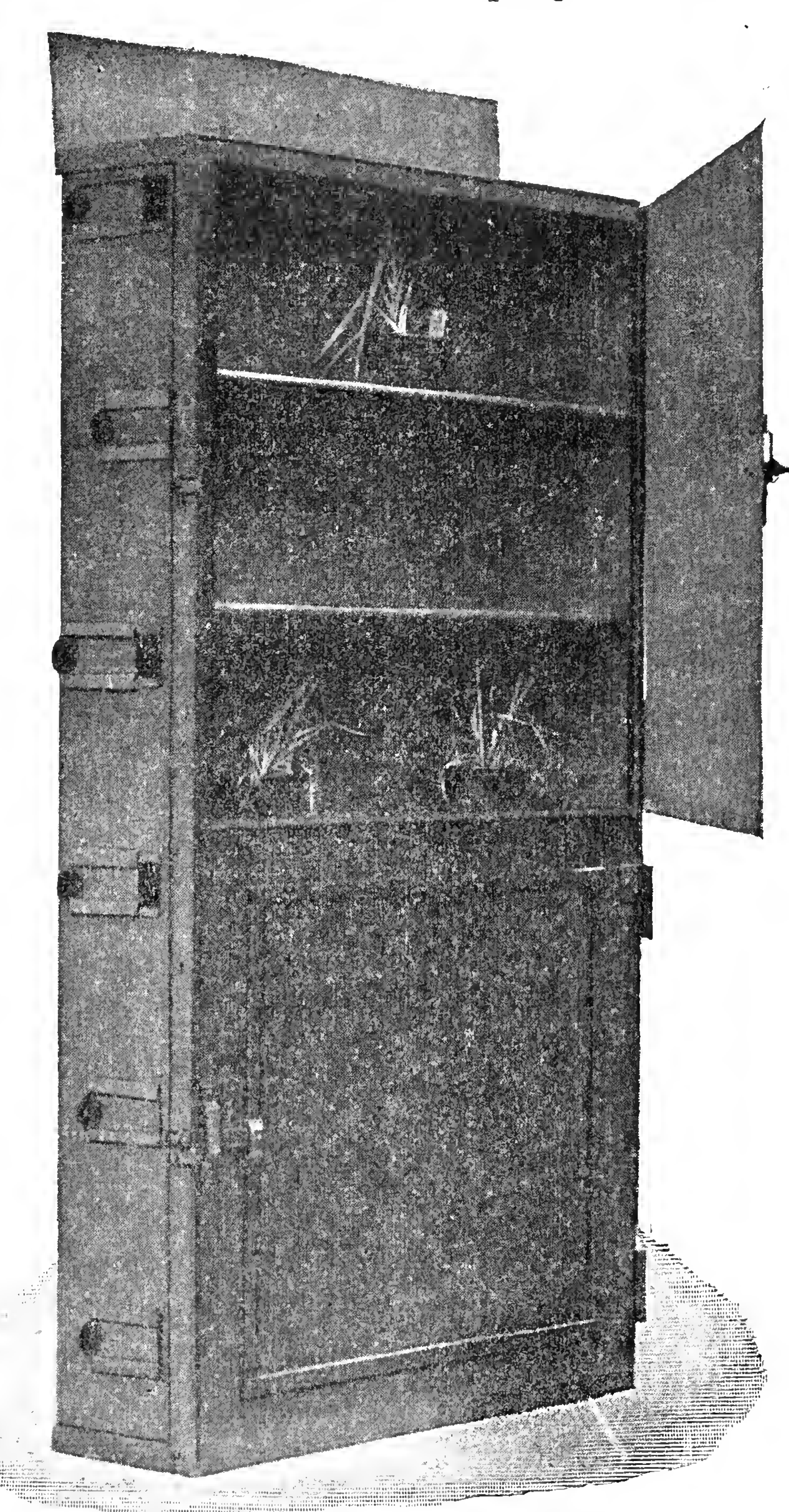


Fig. 1.

Wenn auch diese Culturschränke keinen exact regulirbaren Wärmeschrank zu ersetzen geeignet sind, so können sie im Laboratorium in ihrer doppelten Wirksamkeit, als Ofenschirme und Warmkästen zugleich, doch recht gute und bequeme Dienste leisten.

2. Gläseraufschriften.

Sollen Gläser, deren Inhalt in Gestalt von rasch eingesetztem Versuchsmaterial, vorläufig eingebrachten Sammlungsgenständen u. dgl. m. einem öfteren Wechsel unterworfen ist, mit den betreffenden Aufschriften versehen werden, so ist das jedesmalige Neuettiquettiren, besonders bei sich drängender Arbeit, ein störend umständliches und zeitraubendes Verfahren, zumal da die längere Zeit feucht bleibenden Etiquetten das Anbringen der Aufschrift erschweren oder verzögern. Als Ersatz dafür hat man Farbstifte angewandt, welche direct auf Glas schreiben und die Etiquettirung gewissermassen zu ersetzen vermögen. Die Farbe haftet aber entweder ungleich gut an verschiedenen Stellen oder aber bei dem brauchbarsten und darum beliebtesten Gelbstifte oft so fest an einzelnen Stellen der Glasfläche, dass es wieder eines zeitraubenden und mühsamen Putzens bedarf, um die alte Bezeichnung von dem Gefässe zu entfernen. Dem gegenüber benutze ich schon längere Zeit mit Vortheil den mattgeschliffenen Rand der Glasstöpsel, um darauf mit Bleistift die nöthigen Notizen aufzutragen. Auf den Mattrand schreibt es sich sehr angenehm, die Schrift ist durch den matten Hals des Glasgefässes hindurch, nach aufgesetztem Stöpsel, leicht lesbar und gegen jedes Verwischen vorzüglich geschützt. Sie lässt sich aber durch Abreiben mit einem feuchten Tuche jederzeit schnell und gründlich entfernen, um einer anderen Aufschrift Platz zu machen. Jedes Glas mit eingeriebenem Stöpsel ist für diese Aufschrift geeignet, und auf Sammlungsgläsern wird man am Stöpselrande unauffällig auch noch besondere Bemerkungen anbringen können, welche nicht auf die Etiquetten gehören.

Eigens zum Gebrauche im Laboratorium, zur Aufnahme wechselnden Materials, habe ich in letzter Zeit von der Krystallglasfabrik Wilhelm Steigerwald sel., Regenhütte bei Ludwigsthal (Bayern), nun auch Präparatengläser anfertigen lassen, welche in Etiquettenform nahe dem oberen Rande eine mattgeschliffene bezw. geätzte Fläche tragen zur Aufnahme der Bleistiftschrift. Die Firma lieferte mir diese Präparatengläser in den gebräuchlichen Grössen mit nur 20 Pfg. Aufschlag für die mattgeschliffene Schreibfläche von 4×7 cm Grösse. Da es für den bezeichneten Zweck genügt, ein oder wenige Dutzend Gläser in dieser Ausstattung bereit zu haben, so stellt sich die dadurch veranlasste Ausgabe sehr gering gegenüber der Zeitersparniss und der Bequemlichkeit, jederzeit mit gewöhnlichem Bleistift direct auf diese Gläser schreiben und die Aufschriften mit ebenso leichter Mühe durch neue ersetzen zu können.

3. Aussaatvorrichtung für Sporen.

Es ist unter Umständen wünschenswerth, Sporen möglichst vereinzelt und gleichmässig vertheilt auf eine Culturfläche zur Anzucht von Prothallien auszustreuen. Wer dies schon zu erreichen versucht hat, wird auch die Schwierigkeiten kennen, mit denen man dabei zu kämpfen hat. Gewöhnlich kommen bei der Aussaat die Sporenmassen haufenweise an einzelnen Stellen zusammen zu liegen, während andere Stellen des Substrates fast frei von Sporen bleiben. Sehr kleine und leichte Sporen werden von dem leisesten Luftzuge derart fortgetragen und verweht, dass ein grosser Theil eines werthvollen Sporenmaterials dadurch für die Aussaat verloren gehen kann. So sieht man den feinen Sporenstaub der Marchantien, selbst wenn man im geschlossenen Zimmer arbeitet, von den unvermeidlichen Luftströmungen oft seitlich über den Rand der Torfziegel oder Culturschalen hinwegfliegen, während ein zu dichtes Heranbringen der Sporangien an das Substrat die Sporen sich nicht genügend vertheilen lässt und zudem die Thätigkeit der Elateren durch die Feuchtigkeit herabsetzt.

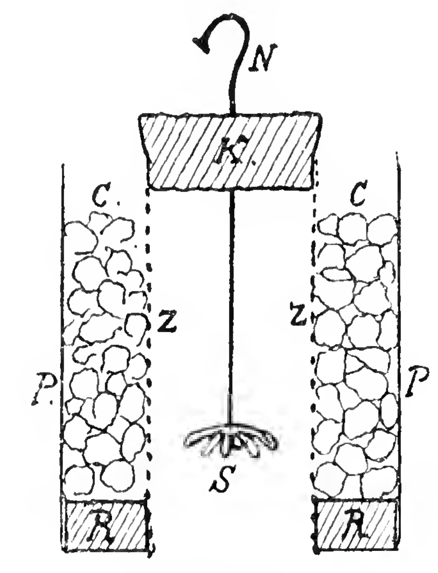


Fig. 2.

Als es mir jüngst darauf ankam, Sporen aus den mir nur spärlich zur Verfügung stehenden Sporangien gleichmässig vertheilt auf einem abgemessenen Raume auszusäen, bediente ich mich einer kleinen, selbstgefertigten Vorrichtung, deren gute Dienste dabei meine Erwartungen noch übertrafen: Ein feines Messingdrahtnetz (*z* Fig. 2) wurde zu einer kurzen cylindrischen Röhre von ca. 1,5 cm Durchmesser gebogen und mit Draht in seiner Form fixirt. In den oberen Theil dieses Drahtnetzcylinders wurde ein passendes Stückchen eines cylindrischen Korkes (*K*) eingeklemmt, so dass es wie im Halse einer Flasche festsass. Der untere Rand des Drahtnetzcylinders wurde in die centrale Höhlung eines grösseren flachen Korkes (*R*) gesteckt, der als schmaler Ring den Netzcylinder unten umgab. Der äussere Rand dieses basalen Korkrings trug seinerseits einen Mantel von starkem paraffingetränktem Papier (*P*), welcher etwa wieder die Höhe des Drahtnetzcylinders hatte. Der Hohlraum zwischen den beiden Cylindermänteln diente zur Füllung mit trockenen Chlorcalciumstückchen (*C*). Eine im oberen Kork befestigte umgebogene Nadel (*N*) gestattete den kleinen Apparat excentrisch an der Decke einer Glasglocke aufzuhängen, und zwar an einem ähnlichen Häkchen, das

ebenfalls in einem Korkstückchen steckend, mittelst Siegellack an dem vorher erwärmten Glase befestigt wurde.

Die Aussaat wurde dann in folgender Weise bewerkstelligt: Das durch Hitze vorher sterilisirte Substrat (Gartenerde) wurde in halb-feuchtem Zustande in einem Teller ausgebreitet und die Oberfläche durch Stampfen geebnet. Der die Sporangien tragende Pflanzentheil (*S*) wurde mittels Insektennadel im Innern des centralen Hohlcylinders befestigt, der Wandraum dann mit gestossenen Chlorcalciumstückchen gefüllt, die Vorrichtung mittelst der Haken an die Decke der Glasglocke gehängt und die Glocke dann vorsichtig über das Substrat gestülpt. In der durch den Chlorcalciummantel ausgetrockneten Luft des Netzraumes erfolgte die Oeffnung der vorher noch geschlossenen Sporangien in kürzester Frist und es wurde nun von Zeit zu Zeit die Glocke mit der excentrisch befestigten Sporenstreuvorrichtung um einen bestimmten Winkel (45—60°) gedreht, um die durch die Elateren befreiten und herabfallenden Sporen nach und nach auf alle Theile des Substrats gelangen zu lassen. Die bei der Drehung auftretende, leicht schaukelnde Bewegung des Sporenstreuers begünstigte auch ihrerseits die Vertheilung.

Nachdem die Sporenaussaat als beendigt angesehen werden konnte, wurde, ohne dass die Glocke abgehoben wurde, das Substrat nachträglich von den Rändern her durchfeuchtet und dann das Ganze sich selbst überlassen. Die bald erscheinenden Prothallien zeigten sich später in einer geradezu überraschend gleichmässigen Vertheilung, so wie ich sie auf andere Weise niemals zu erreichen vermochte. Nirgendwo zeigten sie sich, wie sonst meistens, hier ungesund zusammengedrängt oder dort unnöthig von einander entfernt, und ich hatte die Freude, alle ohne Ausnahme zu kräftigen Pflänzchen gleichmässig heranwachsen zu sehen.

Wenn es auf sorgfältige und sparsame Aussaat von Sporen ankommt, deren Ausstreuung durch Austrocknungsbewegungen bewirkt wird, so wird man sich der beschriebenen kleinen und mit den einfachsten Mitteln herzustellenden Vorrichtung also mit Vortheil bedienen können.

4. Transpirations- und Durchlüftungsversuch.

Frau Geheimrath J. Bona Meyer machte mich vor längerer Zeit einmal auf eine Erscheinung aufmerksam, welche sie beim Malen einer grossen Clematisblüthe beobachtet hatte. Der Clematiszweig war, um sein Welken zu verhüten und ihm doch die natürliche Stellung geben zu können, luftdicht durch den Kork in eine wasserge-

füllte Arzneiflasche eingeführt worden. Unter diesen Umständen stieg nach kurzer Zeit gleichmässig andauernd ein Strom von Luftbläschen aus der Schnittfläche durch das Wasser empor. Die Veranlassung bildete offenbar die Entnahme von Wasser durch die Saugkraft der transpirirenden Pflanze und der Ersatz seines Volumens durch atmosphärische Luft, welche den Weg durch die Spaltöffnungen und das Intercellularsystem des Pflanzenkörpers hindurch nehmen musste. Ein unter entsprechenden Massregeln angestellter Controllversuch bestätigte diesen Zusammenhang der Erscheinungen: Die Bläschen sah man mittelst einer starken Lupe in grosser Zahl aus den Intercellularen, besonders denen der Rinde, hervorperlen; alle Umstände, welche die Transpiration förderten, liessen auch den Blasenstrom anschwellen und umgekehrt.

Der Versuch empfiehlt sich in seiner Einfachheit als Demonstrationsversuch ausserordentlich, denn er führt mit einem Male gleich eine Reihe physiologischer Thatsachen vor Augen. Er gestattet die Grösse der Transpiration zu beurtheilen, denn der Wasserverbrauch entspricht im Volumen nach einiger Zeit genau der Grösse und Anzahl der eintretenden Luftbläschen. Die Veränderlichkeit der Transpiration unter verschiedenen Bedingungen lässt sich daher durch das An- und Abschwellen des Blasenstromes unmittelbar sichtbar machen. Weiterhin zeigt der Versuch, dass der transpirirende Spross eine Saugkraft zur Geltung bringt, welche den Widerstand überwindet, den der anatomische Bau der Pflanze und die kapillaren Kräfte des Wassers dem raschen Durchgang von Luft entgegensetzen, denn es gehört schon ein merklicher Grad von Luftverdünnung dazu, um einem solchen Spross aus den Intercellularen einen so starken und stetigen Blasenstrom zu entlocken. Zuletzt endlich beweist das gegebenenfalls stundenlange gleichmässige Anhalten des Blasenstroms dass ein gleichmässiger Ersatz der Innenluft des Pflanzenkörpers aus der äusseren Atmosphäre stattfindet, dass also die Intercellulargänge des letzteren unter einander und durch Spaltöffnungen, Lenticellen u. s. w. auch mit der Aussenluft in Verbindung stehen.

Zweige von Clematis erwiesen sich, bei einer geringen Anzahl von vergleichenden Versuchen mit anderen Pflanzen, immer als besonders brauchbar zu diesem Experiment. Es dürfte aber bei Ausdehnung der Versuche auf eine grössere Zahl von Pflanzen wohl gelingen, noch günstigere Objecte ausfindig zu machen. Mein Assistent, Herr Dr. Laubert, fand beblätterte Jahrestriebe mit einjährigem Holze von Syringa vulgaris auch sehr brauchbar für dieses Experiment.

5. Blüthenschäfte von Taraxacum offic. als Material zur Demonstration der Rankenmechanik.

Um die spiralige Aufrollung des freien Theiles der Ranken und das Auftreten der bekannten Umkehrpunkte als die rein mechanische Folge des Längenunterschieds der antagonistischen Seiten zu demonstriren, hat Sachs[1]) eine Vorrichtung beschrieben, welche im Wesentlichen aus einem Bande von zwei unter ungleicher Spannung zusammengeklebten Kautschukstreifen besteht. Dieser Streifen ist im Gleichgewichtszustande gerollt, muss bei Beginn des Versuches entrollt werden und hat noch die weitere nachtheilige Eigenschaft, dass er wie jeder Kautschuk leicht seine ursprünglichen elastischen Eigenschaften mit der Zeit einbüsst.

Zur Erreichung des gleichen Zweckes kann man nun auch mit Vortheil Gewebestreifen aus dem hohlen Blüthenschaft von Taraxacum officinale auf Grund ihrer Gewebespannung benützen. Es wird mittels Doppelmessers aus einem solchen Schaft ein Längsstreifen herausgenommen, dessen Breite zweckmässigerweise die Dicke des Gewebes nicht allzu sehr übertrifft. Nach seiner Isolirung zeigt der Streifen schon in freier Luft eine leichte Krümmung, die sich alsbald rasch verstärkt, wenn er jetzt in Wasser gebracht wird. Der Streifen, dessen Innenseite sich sehr stark, etwa bis aufs Doppelte verlängert, wird, sich selbst frei überlassen, rasch zur enggewundenen, langen Spirale. Fixirt man beim Einbringen ins Wasser aber die Enden des Streifens entsprechend, etwa durch Festhalten zwischen den Fingern oder zwischen Pincetten, so sieht man in kürzester Frist sich die Umkehrpunkte herausbilden, die mit der engeren Rollung immer deutlicher werden und ihre rein mechanische Entstehungsweise sehr leicht erkennen lassen. Ein so aufgerollter Gewebestreifen von Taraxacum sieht einer derben aufgerollten Ranke täuschend ähnlich. In den physiologischen Uebungen lasse ich die Praktikanten mit solchen Gewebestreifen selbst arbeiten. Sie lernen dabei nicht nur die Erscheinung der Gewebespannung an einem drastischen Beispiele kennen, sondern prägen sich auch die mechanische Vorbedingung der betreffenden Rankenbewegung leicht ein.

6. Grosse, auch mit unbewaffnetem Auge leicht erkennbare Zellen

besitzt das Markparenchym von Impatiens glanduligera. Die unteren Stammglieder dieser riesigen Balsamine, welche in meinem Garten

1) Vorlesungen über Pflanzenphysiologie 2. Aufl. S. 697 Fig. 319.

auf schattigem, humosem Standorte weit über zwei Meter hoch wurde, schwellen gegen die Blüthezeit zu mächtigen Strünken an. Ein Schnitt, besonders ein solcher durch einen Knoten, zeigt dann Zellen von einer Grösse, dass sie mit Leichtigkeit ohne Weiteres wahrgenommen werden können. Zellen von 1,2 mm Durchmesser sind keine Seltenheit, solche von $1^1/_2$ mm sind aber auch vereinzelt zu finden.[1])

Scheiben dieser Balsamine, in Spiritus an einer dünnen Schnur aufgehängt, lassen sich mit Vortheil bei der Einführung in die Pflanzenanatomie als Demonstrationsmaterial verwenden, da sie, an sinnlich unmittelbar wahrnehmbare Dinge anknüpfend, die Brücke bilden zu der ungewohnten Welt, die sich nur dem bewaffneten Auge erschliesst und die deshalb sonst der sinnlichen Vorstellung, wie jeder Dozent und Examinator weiss, immer einige Schwierigkeiten bereitet und sich dem mitgebrachten Erfahrungsschatze nicht gerade leicht harmonisch verbindet.

Die unteren Stammglieder kräftiger Gartenbalsaminen (Impatiens Balsamina) besitzen ebenfalls grosse, dem blossen Auge leicht wahrnehmbare Parenchymzellen, deren Grösse sich aber mit derjenigen der Impatiens glanduligera doch nicht vergleichen kann.

---

1) Amelung gibt in Flora 1893 Heft 3 die mittlere Zellengrösse bei einer nur $1^1/_3$ m hohen Pflanze anf 0,79 mm an, zählte u. a. aber auf einer Strecke von 5 mm auch nur 5 Zellen. Da Zelltheilungen bei der nachträglichen Vergrösserung nicht mehr auftreten, wird die Grösse der Parenchymzellen auch von der Dimension abhängen, welche die unteren Stengelglieder nachträglich erreichen.

Litteratur.

Raunklaer C., De danske Blomsterplanters Naturhistorie. I. Bd.: Enkimbladede. Kopenhagen 1895—1899. LXIX u. 724 S.

Das inhaltsreiche Werk, dessen erster Band uns vorliegt, darf man als eine „Flora" bezeichnen, wenn man darauf verzichtet, mit diesem Namen den gewohnten Begriff eines Pflanzenkatalogs und eines Standortverzeichnisses zu verbinden. Das Verdienst des Autors liegt darin, dass er zum ersten Mal die Pflanzen eines bestimmten Gebietes — und zwar seiner dänischen Heimath — als Formen beschreibt, die auch entwickelungsgeschichtlich und biologisch mehr oder weniger auffällig sich von einander unterscheiden. Neben den „Hauptmerkmalen" der Gattungen und Arten, mit welchen die Floristen vornehmlich arbeiten, werden entwickelungsgeschichtliche Eigenthümlichkeiten, besonders aus der Keimungsgeschichte, werden die wichtigsten Züge aus der Spross- und Blattanatomie und sehr ausführlich ferner die morphologischen Verhältnisse der unterirdischen Sprosstheile besprochen und abgebildet. - Zum Bestimmen ist übrigens das Buch nicht eingerichtet, es ist ein den Bedürfnissen des Biologen und Morphologen gewidmetes Nachschlagewerk.

Als Einleitung schickt der Verf. der Besprechung der einzelnen Familien einige theoretische Erörterungen über Ontogenie und Phylogenie voraus, über Artbegriff und Variation, Anpassung und „Angepasstsein", über die Erblichkeitsfrage und besonders über die Vererbung erworbener Eigenschaften. Altbekanntes wird recapitulirt, daneben werden auch neue Seiten den alten Problemen abgewonnen uud neue Begriffe eingeführt. Das Resultat der Ausführungen, deren gefälliger Stil übrigens anzuerkennen ist, wird schliesslich darin gefunden, dass alle Formen in fortwährender Veränderung begriffen sind; kein Individuum gleicht völlig der Mutterpflanze, in jedem findet sich ein Plus, irgend eine Veränderung, die für uns freilich nicht wahrnehmbar sein kann. Erst wenn sich nach einer langen Reihe von Generationen die Veränderungen gleichsam summirt haben, werden wir auf sie aufmerksam. Die phylogenetischen Probleme erfordern umfangreiche, langjährige und exacte Untersuchungen; ihre Ergründung wird erst möglich sein, wenn im Anschluss an die vorhandenen botanischen Gärten besondere phylogenetische Institute eingerichtet sein werden. Küster.

Bulletin de l'institut botanique de Buitenzorg. Nr. I. Buitenzorg, imprimerie de l'institut. 1898.

Die vorliegende Nummer eröffnet eine neue Publication des Buitenzorger Instituts. Ausser den allbekannten „Annales" und den (von Boerlage herausgegebenen) Icones Bogorienses, waren es bisher noch drei in holländischer Sprache veröffentlichte periodische Mittheilungen, nämlich die Jahresberichte (Verslag omtrent den staat van s'Lands Plantentuin), die „Mededeelingen" und die (in einer in Java erscheinenden Zeitschrift veröffentlichten, in Europa wohl nur sehr wenig bekannt gewordenen) „Korte Berichten". Die neue Zeitschrift, das „Bulletin", soll nur kurze Notizen, vorläufige Mittheilungen und namentlich auch (in Uebertragung) Auszüge aus den holländischen Veröffentlichungen des Instituts bringen, welche allgemeineres Interesse haben. Eingeleitet wird die erste Nummer durch einen

Bericht über den gegenwärtigen Stand des Instituts. Es ist bekannt, welch staunenswerthe Entwickelung dasselbe unter seinem verdienstvollen energischen Leiter genommen hat; es ist bei weitem zum grössten botanischen Institut der Welt geworden, mit 10 Abtheilungen und einem Stabe von 26 Europäern, einer Bibliothek, die sehr reich ist, sowie allen anderen Hilfsmitteln eines modernen Laboratoriums ersten Ranges. 75 Naturforscher haben dasselbe bis jetzt besucht (es sind darunter alle europäischen Staaten vertreten, ausser Frankreich und Spanien), und wohl jeder derselben wird an seinen Aufenthalt in Buitenzorg mit Dankbarkeit und Freude zurückdenken. — Für solche, welche die Wallfahrt nach dem botanischen Mekka noch vor sich haben, gibt Treub im „Bulletin" eingehende Darlegungen; er wendet sich namentlich auch gegen das immer noch verbreitete lächerliche Vorurtheil, dass eine Tropenreise ein gesundheitsgefährliches Unternehmen sei. Für Java und namentlich für Buitenzorg gilt viel eher das Gegentheil; auch Tiger, Schlangen (und anderes Zoologisches) spielen dort höchstens als Würze von Reisebeschreibungen, nicht aber in der Wirklichkeit eine gefährliche Rolle. K. G.

Untersuchungen über die Vermehrung der Laubmoose durch Brutorgane und Stecklinge. Von **Dr. C. Correns**, a. ö. Prof. der Botanik in Tübingen. Mit 187 Abbildungen. Jena, Verlag von Gustav Fischer. Preis 15 Mark.

Die Beobachtung, dass an den Brutkörpern von Tetraphis pellucida nicht beliebige Zellen, sondern besonders vorgebildete Initialen zu Protonemafäden auswachsen, veranlasste den Verf. vor einigen Jahren zu eingehenden Untersuchungen über die Brutorgane und Stecklinge der Laubmoose überhaupt. Er hat über seine Untersuchungen in verschiedenen vorläufigen Mittheilungen berichtet und theilt dieselben in dem vorliegenden Buche in sehr erweiterter und theilweise berichtigter Form mit.

Dass auf einem vorher schon vielfach untersuchten Gebiete in morphologischer Beziehung Ergebnisse von allgemeiner Bedeutung nicht zu erwarten waren, ist selbstverständlich. Es handelte sich um eine möglichst eingehende, auf zahlreiche Formen sich erstreckende Untersuchung von Einzelnheiten.[1]) Diese Untersuchung hat der Verf. mit grosser Sorgfalt durchgeführt und die vielfach recht interessanten Beobachtungen durch zahlreiche gute Abbildungen erläutert. Er hat auch einige experimentelle Untersuchungen ausgeführt, die aber, wie er selbst hervorhebt, hinter dem morphologischen Theile noch zurückstehen. Ref. möchte die Hauptbedeutung der zahlreichen in dem Buche Correns' mitgetheilten Thatsachen gerade darin sehen, dass sie ein ganz vortreffliches Material für experimentelle Untersuchungen über die Anpassungsfrage bieten. Das Werk gliedert sich in einen speziellen Theil, der eine Anzahl Gattungen und Arten in der angegebenen Richtung monographisch behandelt, und in einen allgemeinen, in welchem die Ergebnisse zusammengestellt und Schlüsse daraus gezogen sind. Auch die Litteratur ist eingehend berücksichtigt und so eine dankenswerthe Monographie der Brutorganbildung geschaffen worden, wie sie bisher noch nicht vorhanden war.

---

1) Aus dieser Versenkung in Einzelarbeit erklärt sich wohl auch die an die Schulstube erinnernde Art, mit der der Verf. zuweilen einzelne Angaben seiner Vorgänger berichtigen zu sollen glaubt.

Für entbehrlich halte ich die vom Verf. angewandten Bezeichnungen „Nematogon, Dolichotmena, Brachytmema". Solche Bezeichnungen sind doch nur dann nöthig, wenn es sich entweder um ganz neue Begriffe handelt, für welche die lebende Sprache oder die im Gebrauch befindliche Terminologie keine kurze Bezeichnung hat, oder um Dinge von hervorragender allgemeiner Bedeutung, für welche es erwünscht scheint, eine gleichlautende internationale Rezeichnung zu haben. Beides dürfte aber hier nicht zutreffen. Für „Nematogon" genügt, wie eigentlich auch der Verf. zugibt, die schon im Gebrauch befindliche Bezeichnung „Initiale", für „Tmema" die gleichfalls schon gebrauchte (und leichter auszusprechende) „Trennzelle". Dabei kann man sich sofort etwas denken, bei dem vom Verf. gebildeten Worte „Tmema" nicht.

Auf den Inhalt des Buches, welches in pietätvoller Weise dem Andenken Naegeli's gewidmet und, wie alle Werke des Fischer'schen Verlages, sehr gut ausgestattet ist, im Einzelnen einzugehen, ist nicht möglich; es möge dasselbe namentlich auch den Moossystematikern zur Beachtung empfohlen werden, da auch eine ganze Anzahl systematisch verwerthbarer Beobachtnngen darin mitgetheilt sind. K. Goebel.

F. Schleichert, Pflanzenphysiologische Experimente im Winter. S.-A. aus der „Naturwissenschaftl. Wochenschr." Berlin 1899. Ferd. Dümmler's Verlagsbuchhandlung.

Der Verf., welcher schon früher eine (hauptsächlich für Schulen bestimmte) „Anleitung zu botanischen Beobachtungen und pflanzenphysiologischen Experimenten" (3. Aufl. 1897) herausgegeben hat, stellt in dem vorliegenden Schriftchen eine Anzahl von Versuchen zusammen, die auch im Winter ausgeführt werden können. Die Auswahl ist zweckmässig und die Anleitung eine klare; selbstverständlich lassen sich die vorzuführenden experimentellen Demonstrationen theilweise auch anders ausführen; bei den Bewegungen der Perigonblätter von Tulipa scheint es dem Ref. z. B. zweckmässiger, die Pflanzen mit ausgebreitetem Perigon statt in einen Raum von 8° C. nach dem Vorgang von Sachs in ein Wassergefäss zu stellen, dessen Temperatur sich durch Eisstückchen leicht reguliren lässt.

K. G.

Praxis und Theorie der Zellen- und Befruchtungslehre. Von **Dr. Valentin Häcker,** a. o. Professor in Freiburg i. Br. Mit 137 Abbildungen im Text. Jena, Verlag von Gustav Fischer. 1899.

Die Haupteigenthümlichkeit des vorliegenden Buches ist, dass es einen praktischen Führer auf dem Gebiete der Zellen- und Befruchtungslehre darstellt. Und zwar werden die Verhältnisse sowohl bei Pflanzen als bei Thieren behandelt; letztere überwiegen freilich bedeutend, was einerseits in der grösseren Mannigfaltigkeit der Befruchtungserscheinungen, andererseits aber auch in der eingehenderen Untersuchung, welche sie erfahren haben, begründet ist. Es ist so auch dem Botaniker Gelegenheit geboten, die angeführten thierischen Objecte aus eigener Anschauung kennen zu lernen. Aber auch für den, der sich nicht praktisch mit dem Gegenstand beschäftigen will, bietet das Werk eine sorgfältige, durch zahlreiche Abbildungen erläuterte Bearbeitung der neuesten Litteratur, die vielen willkommen sein wird, auch denen, die des Verfassers „Weismannism" nicht theilen. K. G.

Eingegangene Litteratur.

Atkinson G. F., Studies and Illustrations of mushrooms. II. S.-A. Cornell University Agricultural Experiment Station. Ithaka 1899.

Atterberg Dr. Alb., Die Varietäten und Formen der Gerste. S.-A. aus Journal für Landwirthschaft. 1899.

Baccarini P., I caratteri e la storia della flora mediterranea. Discorso pronunziato il 16 novembre 1898 per la solenne inaugurazione degli studi nella R. Universita di Catania. Catania 1899.

Baccarini P. e Buscemi G., Sui nettarii foliari della Olmediella Cesatiana Baill. Del bolletino dell'Accad. Gioneia e di sc. nat. in Catania Patricola LVI Dic. 1898.

Baccarini P. e Cannarella P., Primo contributo alla struttura e alla Biologia del Cynomorium coccineum. Estr. dagli Atti dell'Accademia Gioneia di sc. nat. in Catania, Vol. XII ser. 4a.

Berichte der Bayerischen botanischen Gesellschaft zur Erforschung der heimischen Flora. Bd. VI. München 1899.

Boerlage J. G., Catalogus plantarum phanerogamarum quae in horto botanico bogoriensi coluntur herbaceis exceptis. — Fasciculus I. Fam. I. Ranunculaceae. — Fam. X. Polygalaceae. — Batavia typis officinae publicae.

Bessy Ch. E., The phylogeny and taxonomy of Angiosperms. From the botanical gazette Vol. XXIV.

Bijlert A., Onderzoek van Deli-tabak. Mededeelingen uit 'sLands Plantentuin. XXX. Batavia 1899.

Burkill J. H. and Wright C. H., On some African Labiatae with alternate leaves. Extr. from the Linnean society's Journal Botany Vol. XXXIV.

Chamberlain Ch. J., Oogenesis in Pinus Laricio. Repr. from the botanical gazette Vol. XXVII. 1899.

Christ Dr. H., Monographie des Genus Elaphoglossum. S.-A. aus d. Denkschriften d. Schweiz. Naturf. Ges. Bd. XXXVI 1, 1899. Mit 4 Taf. u. 79 Abb. im Text.

Coulter J. M., The origin of Gymnosperms and the seed habit. From the bot. gazette Vol. XXVI pag. 153—168.

— — Notes on the fertilization and embryogeny of conifers. Bot. Gazette XXIII. 1897.

— — Origin of the leafy sporophyte. Repr. from bot. gazette Vol. XXVIII Nr. 1. 1899.

Correns F., Untersuchungen über die Vermehrung der Laubmoose durch Brutorgane und Stecklinge. Mit 187 Abb. Jena, Verlag v. Gust. Fischer. 1899.

Czapek F., Reizbewegungen bei Thieren und Pflanzen. S.-A. aus Centralblatt für Physiologie 1899 Bd. XIII Nr. 8.

— — Die Bacterien in ihren Beziehungen zur belebten Natur. S.-A. aus Sammlung gemeinnütziger Vorträge in Prag. 1899.

— — Zur Biologie der holzbewohnenden Pilze. S.-A. aus d. Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1899 Bd. XVII.

DeCandolle C., Sur les feuilles peltées. Extr. du bulletin de la société botanique de Genève, années 1898—99 Nr. 9.

Dangeard P. A., Mémoire sur les Chlamydomonadinées. S.-A. aus Le Botaniste. Poitiers 1899

Fischer A., Fixirung, Färbung und Bau des Protoplasmas. — Kritische Untersuchungen über Technik und Theorie in der neueren Zellforschung. Mit 1 col. Taf. u. 21 Abb. im Text. Jena 1899. (Fischer.)

Fischler G., Ueber die Verwandlung der Plasmastränge in Cellulose im Embryosack bei Pedicularis. Mit 2 Taf. S.-A. aus den Ber. der Königsberger Physikalisch-Oeconomischen Ges. 1899.

Ganong W. F., Some applications for the elementary study of plant physiology. Bot. Gazette Vol. XXVII. 1899.

— — Wind-effects on vegetation on the isthmus of Chignecto. Mit 3 Abb. Repr. from bulletin of the natural History Society of New Brunswick. Nr. XVII. 1899.

— — Preliminary outline of a plant for a study of the precise factors determining the features of New Brunswick vegetation. Ibid.

Goetz G., Ueber die Entwickelung der Eiknospe bei den Characeen. Mit 1 Taf. 1899. S.-A. aus Bot. Ztg. Jahrg. LVII.
Gomont G., Sur quelques Oscillariées nouvelles. Extrait du Bulletin de la Société botanique de France, 1895 tome XLVI.
Häcker Dr. Valentin, Praxis und Theorie der Zellen- und Befruchtungslehre. Mit 137 Abb. im Text. Jena, Verlag v. Gust. Fischer. 1899.
Hallier H., Zur Convolvulaceenflora Amerikas. Aus dem Jahrbuch der Hamburgischen wissensch. Anstalten XVI 1898 3. Beiheft.
— — Sycadenia, eine neue Section der Argyriceengattung Rivia. Ibid.
— — Diptoropeltis, eine neue Poraneengattung aus Kamerun. Ibid.
Hjort J., O. Nordgaard and H. H. Gran, Report on norwegian marine investigations. 1895—97. Mit 1 Taf. 1899. Bergens Museum.
Janse J. M., De déhiscence du fruit du muscadier. Extrait des Annales du jardin botanique de Buitenzorg 2e série Vol. I.
Jeffrey E., The development, structure and affinities of the genus Equisetum. Mit 5 Taf. S.-A. aus Memoirs of the Boston society of natural history. Vol. 5 Nr. 5. 1899.
Kirchner C., Florula phycologica benacensis. XXXVI Publicazione fatta per cara del Civico Museo di Rovereto. Rovereto 1899.
Klebahn, Die Befruchtung von Sphaeroplea annullina. S.-A. aus d. Festschrift für Schwendener. Berlin, Verl. v. Gebr. Bornträger. 1899.
— — Culturversuche mit heteröcischen Rostpilzen. S-A. aus d. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten IX. Bd. 1899.
— — Ein Beitrag zur Getreiderostfrage. Ibid. VIII. Bd. 6. Heft.
Klebs G., Ueber den Generationswechsel der Thallophyten. S.-A. aus d. biol. Centralbl. Bd. XIX Nr. 7. 1899.
Kramers J. G., Verslag omtrent de proeftuinen en andere mededeelingen voer koffie. Mededeelingen uit s'Lands Plantentuin. XXXII. Batavia 1899.
Kraus Gr., Einiges über Dickenwachsthum der Palmenstämme in den Tropen. Sitz.-Ber. d. physik.-medic. Ges. in Würzburg am 2. März 1899.
Kuckuck Gr., Ueber Polymorphie bei einigen Phaeosporeen. S.-A. aus d. Festschrift f. Schwendener. Berlin 1899.
— — Ueber die Paarung von Schwärmsporen bei Scytosiphon. S.-A. aus den Ber. d. Deutschen bot. Ges. Bd. XVI. 1898.
— — Ueber marine Vegetationsbilder. Ibid. Bd. XV. 1898. (M. 1 Taf.)
— — Beiträge zur Kenntniss der Meeresalgen, 5—9. Mit 7 Taf. u. 45 Textfig. S.-A. aus Wissensch. Meeresuntersuchungen von der Kommission zur Untersuchung deutscher Meere in Kiel und der Biologischen Anstalt auf Helgoland. Neue Folge III. Bd. Abth. Helgoland.
— — Meeresalgen vom Sermitdlat und kleinen Karajakfjord.
— — Schilderung der Kgl. biol. Anstalt auf Helgoland und Notizen über die Algenvegetation um Helgoland. Aus d. Verhandl. d. k. k. zool. Ges. in Wien 1897 besonders abgedruckt.
Kunze O. E., Kleine Laubholzkunde. Ein Handbuch für den gärtnerischen Unterricht. Nach „Deutsche Dendrologie" von Prof. Dr. E. Koehne. Stuttgart, Verlag von Ferd. Enke.
Lindemuth H., Vorläufige Mittheilungen von Veredelungsversuchen innerhalb der Malvaceen und Solaneen. S.-A. aus Gartenflora 1897.
— — Kitaibelia vitifolia Willd. mit goldgelb marmorirten Blüthen. Ibid. 1899.
Luther A., Ueber Chlorosaccus — eine neue Gattung der Süsswasseralgen, nebst einigen Bemerkungen zur Systematik verwandter Algen. Mit 1 Taf. Bihang till K. svenska vet. akad. handlingar Bd. 24 Afd. 3 Nr. 13. Stockholm 1899.
MacDougal D. P., Transmission of impulses in Biophytum. S.-A. aus bot. Centralbl. Bd. LXXVII Nr. 9. 1899.
— — Light and vegetation. Reprinted from Appletons popular science monthly for Dezember 1898.
— — XII. Seed dissemination and distribution of Razoumofskya robusta (Engelm.) Kuntze. Mit 1 Taf. Reprinted from Minnesota botanical studies. Februar 1899.
— — Symbiotic Saprophytism. Mit 2 Taf. u. 1 Fig. im Text. Annals of botany Vol. XIII Nr. XLIX. 1899.

Maiden J. H., Paspalum dilatatum Poir. Mit 1 Taf. 1899. S.-A. from Agriculture Gazette of N. S. Wales.
— — Agropyron velutinum Nees. Mit 1 Taf. 1899. Ibid.
Massart J., Sur les fleurs bicalcarées de Corydalis solida. Soc. belge de microscopie, Mémoires 1899.
— — Les végétaux épiphylles. Extr. des Ann. du jard. bot. de Buitenzorg. Suppl. II. Leiden 1898.
— — Promenade de naturalistes à Zermatt (par A. Lemeere et J. Massart). Extr. de la revue de l'université de Bruxelles t. III.
— — Un voyage botanique au Sahara. Extr. du bulletin de la société royale de botanique de Belgique t. XXXVII, 1.
— — La Dissémination des plantes alpines. Ibid.
— — Le Désert. Extension de l'univ. libre de Bruxelles. Année 1898—99.
Missouri botanical garden, tenth report 1899.
O. Mattirolo, Giuseppe Gibelli. Accademia R. delle science di Torino. Anno 1898—99.
— — Cenni cronologici sugli orti botanici di Firenze. Publicazioni del R. Istituto di studi superiori etc. in Firenze 1899.
— — Il laboratorio per l'anatomia e la fisiologia dei vegetali annesso all' orto botanico. Ibid.
— — Sulla comparsa in Italia della Entomophthora Planchoniana Cornu parasita degli Afidi e sulla importanza di questa specie per l'orticoltura e per l'agricoltura.
— — Teodoro Caruel. Estrato del Giornale Malpighia, anno XII.
— — Illustrazione del primo volume dell' erbario di Ulisse Aldrovandi, Genova 1899.
Overton E., Notizen über die Wassergewächse des Oberengadins. S.-A. aus Vierteljahrsschrift der Naturforsch. Ges. in Zürich. 1899. Jahrg. XLIV.
Palladine M. W., Sur la formation des matières protéiques actives et sur l'énergie de la respiration des parties vertes des végétaux. S.-A. de la revue générale de la botanique, tome XI. 1899.
Peirce J., The nature of association of alga and fungus in lichens. Mit 1 Taf. S.-A.: Proceedings of the california academy of science. 3. Serie Vol. I Nr. 7. 1899.
Pfeffer W., Ueber die Erzeugung und die physiologische Bedeutung der Amitose. S.-A. aus d. Ber. der math.-physik. Classe der Kgl. Sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig, Sitzung vom 3. Juli 1899.
Raunkiaer C., De danske blomsterplanters naturhistorie. Förste bind: Enkimbladede. Med 1089 figurer e 293 figurgruppen for störste Delen Algnede af Ingeborg Rannkiaer og C. Rannkiaer. Kjöbenhavn. I Kommission hos Gyldendalske boghandelsferlag. 1895—1898.
Rostowzew S. J., Der botanische Garten bei dem landwirthschaftl. Institut zu Moskau. Mit 1 Plan. (Russisch.) Moskau 1899.
Rothert, Ueber den Bau der Membran der pflanzlichen Gefässe. Mit 2 Taf. Krakau (Akademie). 1899.
Rysselberghe Fr. van, Réaction osmotique des cellules végétales à la concentration du milieu. S.-A. du tome LVIII des mémoires couronnés et autres mémoires publiés par l'academie royale de Belgique. 1899.
Salmon E. St., Notes on the genus Nanomitrium Lindl. (With a plate.) Linnean Societys Journal Botany Vol. XXIV.
— — A new moss from Afghanistan. Journal of botany, June 1899.
— — Bryum argenteum var. lanatum. Revue bryologique 1899 Nr. 3.
Sames Th., Eine bewegliche Sarcine. S.-A. aus Centralbl. für Bacteriologie etc. IV. Bd. 1898.
Sauvageau C., Les acinétospores et la sexualité des Tiloptéridacées. Extrait du journal de botanique. 1899.
Schinz H., Die morphologisch-biologische Anlage und das System des botanischen Gartens in Zürich. 1899.
Schleichert F., Pflanzenphysiol. Experimente im Winter. Allgem. verständl. naturw. Abhandlungen Heft 19. Berlin, Ferd. Dümmler's Verlag. 1899.

Schütt F., Centrifugales Dickenwachsthum der Membran und extramembranöses Plasma. S.-A. aus Jahrb. f. wissensch. Botanik Bd. XXXIII Heft 4. 1899.
— — Arten von Chaetoceras und Peragallia, ein Beitrag zur Hochseeflora. S.-A. Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1895 Bd. XIII.
— — Ein neues Mittel der Coloniebildung bei den Diatomeen und seine systematische Bedeutung. Ibid. Bd. XVII Heft 6.
Schrenk H. v., A sclerotioid disease of beech roots. Mit 2 Taf. S.-A.: Contributions from the Shan-school of Botany Nr. 13 1899. Rept. Mo. Bot. Garden.
— — A disease of Taxodium known as peckiness also a similar disease of Libocedrus decurrens. Mit 6 Taf. Printed in advance from the Eleventh annual report of the Missouri botanical garden. 1899.
Schwarz F., Prof. Dr., Physiologische Untersuchungen über Dickenwachsthum und Holzqualität von Pinus silvestris. Mit 9 Taf. und 5 Textfiguren. Berlin, Verlagsbuchhandlung von Paul Parey. 1899.
Senn G., Ueber einige coloniebildende einzellige Algen. Mit 2 Taf. u. 39 Fig. S.-A. aus Bot. Ztg. 1899 Jahrg. LVII.
Solms-Laubach H., Weizen u. Tulpe u. deren Geschichte. Mit 1 Taf. 1899. Verlag von Arthur Felix, Leipzig.
Steinbrinck C., Ueber elastische Schwellung (Entfaltung) von Geweben und die muthmassliche Saugwirkung gedehnten Wassers. S.-A. aus den Ber. d. Deutschen bot. Ges. Bd. XVII. 1899.
— — Zum Vorkommen und zur Physik des pflanzlichen Cohäsionsmechanismus S-A. aus d. Ber. d. Deutschen bot. Ges. Jahrg. 1899 Bd. XVII.
Vries de H., Ueber die Abhängigkeit der Fasciation vom Alter bei zweijährigen Pflanzen. S.-A. aus Bot. Centralbl. Bd. LXXVII. 1899.
— — Ueber die Periodicität der partiellen Variationen. S.-A. aus den Ber. der Deutschen bot. Ges. 1899 Bd. XVII Heft 2.
Warburg O., Einige Bemerkungen über die Litoral-Pantropisten. Extrait des Annales du jardin botanique de Buitenzorg Suppl. II. 1899.
Weil R., Zur Biologie der Milzbrandbazillen. Diss. Bern 1899.
Westermaier M., Ueber Spaltöffnungen und ihre Nebenapparate. Mit 1 Doppeltaf. S.-A. aus der Festschrift für Schwendener. Berlin, Gebr. Bornträger. 1899.
— — Historische Bemerkungen zur Lehre von der Bedeutung der Antipodenzellen. S.-A. aus d. Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1898 Bd. XVI Heft 8.
Wildeman E. de, Prodrome de la flore algologique des Indes néerlandaises. Suplément et tableaux statistique. Publié par le jardin botanique de Buitenzorg. Batavia 1899.
Wille N., Om nogle Vandsoppe. Mit 1 Taf. Videnskabsselskabets Skrifter 1. math.-naturw. Classe. 1899. Nr. 3.
— — Mittheilungen aus der biol. Gesellschaft zu Christiana. S.-A aus dem biol. Centralbl. Bd. XVIII Nr. 8. 1898.
— — Ueber die Wanderung der anorganischen Nährstoffe bei den Laminariaceen. S.-A. aus der Festschrift für Schwendener.

Die Bestäubungseinrichtung von Vicia lathyroides L.

Von

E. Loew.

Die Bestäubungseinrichtung obengenannter Art ist bisher fast unbeachtet geblieben. Nur eine kürzlich in der Zeitschrift des Naturwissenschaftlichen Vereins der Provinz Posen (V. Jahrg. 1898 S. 20 bis 21) veröffentlichte Mittheilung brachte die überraschende Notiz, dass *Vicia lathyroides* kleistogame Blüthen besitzen soll, von deren Bau der ungenannte Autor einige kurze Andeutungen macht. Zur Ergänzung seiner Angaben will ich einige hierher gehörige Beobachtungen mittheilen, die im Anfang Mai 1895 an Exemplaren der Pflanze von den Anhöhen der Havelufer bei Baumgartenbrück unweit Potsdam angestellt wurden.

Zunächst mag eine genauere Beschreibung der entwickelten, offenen Blüthen vorausgehen. Sie stehen auf sehr kurzem Stiele einzeln oder gepaart in den oberen Blattachseln des hapaxanthen Zwergpflänzchens und besitzen bei geringer Grösse von 5—6 mm und mit ihrer blassvioletten, selten in Weiss[1]) abändernden Kronenfarbe wenig Auffälliges. Der Kelch besteht aus einer ca. 2 mm langen, zerstreut-behaarten Röhre mit ebenso langen, gerade vorgestreckten, pfriemenförmigen Zähnen. Er wird um etwa 4 mm von dem hellvioletten, etwas dunkler geaderten und oberseits dicht über dem Kelch grün gefärbten Vexillum überragt. Die Platte desselben, die bei anderen *Vicia*-Arten, wie *V. Cracca L., V. sepium L., V. tenuifolia Rth., V. villosa Rth.* u. a. gegen die Richtung des Nagels in fast rechtem Winkel sich aufwärts zu schlagen und zugleich Träger der Saftmalzeichnung zu sein pflegt, hat bei *Vicia lathyroides* keine Saftmaladerung und ist hier längs der Mittellinie derart zusammengefaltet, dass sie von oben her sowohl die schmalen, blauvioletten, mit einem flachen Basallappen ausgestatteten und seitlich nur schwach spreizenden Flügel, als auch das bei Betrachtung der Blüthe von aussen fast ganz verborgene Schiffchen bedeckt. Dieses erreicht ein-

1) Die Spielart *albiflora* v. Uechtr. wurde u. a. bei Liegnitz beobachtet (nach R. v. Uechtritz: Resultate der Durchforschung der Schlesischen Phanerogamen-Flora im Jahre 1884 im Jahresb. d. Schles. Gesellsch. f. vaterländische Cultur. Breslau 1885).

schliesslich der Nageltheile nur eine Gesammtlänge von 3,5 mm und zeigt eine grünliche, aber nach der Spitze zu sehr auffallend dunkelviolette Färbung. Bei Zerlegung der Blüthe in ihre Einzeltheile bemerkt man, dass an der Uebergangsstelle zwischen dem ca. 2 mm langen Fahnennagel und der Fahnenplatte eine seichte Ausbuchtung vorhanden ist, in die sich bei natürlicher Lage der Blüthentheile die Spitze des Schiffchens einfügt. Letzteres wird von dem Verfasser der oben citirten Notiz passend mit einem „Gehäuse“ verglichen, das bis auf einen „haarfeinen Spalt“ hermetisch verschlossen ist. Die beiden zur Carina vereinigten Kronblätter endigen in je einen ca. 2 mm langen, von der Kelchröhre umschlossenen Nagel; die median verbundenen Plattentheile von 1,5 mm Durchmesser haben eine fast halbkreisförmige Gestalt mit kurz aufgesetzter, stumpfer Spitze und liegen mit ihren dichtschliessenden, freien Rändern wie die Schalen einer flachgedrückten Muschel aufeinander. Das so hergestellte Gehäuse schliesst in der gewöhnlichen Art der Papilionaten die Geschlechtsorgane völlig ein. Das Andröceum besteht aus zehn monadelphisch zu einer dünnhäutigen Röhre vereinigten Staubblättern, deren freie Filamentstücke an dem schief abgeschnittenen Rande der Staminalröhre als kurze, dreieckige Zähne vorspringen. Das von genannter Röhre eng umschlossene, schlank gestreckte Gynäceum endigt in einen auffallend kurzen Griffel, der gegen die Rückenseite des Organs hakenförmig eingeschlagen ist und an seiner Vorderseite einen vertical gestellten Besatz von langen, steifen, parallel gerichteten Borstenhaaren trägt. Wir haben somit die auch bei anderen Arten der Gattung *Vicia* verbreitete Bürsteneinrichtung vor uns. Den oberhalb der Bürste nur wenig hervorragenden, obersten Griffeltheil krönt die halbkuglig abgerundete, deutlich papillöse Narbe, die in der erwachsenen Blüthe von reichlichen, gelben Pollenkörnern der frühzeitig ausstäubenden, rundlichen, kleinen Antheren umgeben wird. Die Dimensionen der eben beschriebenen Organe waren in einem mikrometrisch gemessenen Einzelfall folgende: Länge der Staminalröhre einschliesslich der Filamente 2,56 mm, Länge der letzteren 0,28 mm, Länge des Pistills 2,6 mm, grösste Breite desselben 0,48 mm, Länge des Griffels 0,6 mm, Länge der Haarbürste 0,36 mm.

Wesentlich verschieden von der Mehrzahl der einheimischen, in ihrer Bestäubungseinrichtung bisher genauer untersuchten *Vicia*-Arten wie *V. Cracca L.*, *V. dumetorum L.*, *V. villosa Rth.*, *V. sepium L.* u. a. zeigt sich *Vicia lathyroides* durch ihre monadelphische Staminalröhre, an der die sonst rechts und links vom medianen

hintersten Staubblatt auftretenden basalen Honigzugänge [1]) vollständig fehlen. Auch konnte ich frei abgesonderten Honig innerhalb der Staminalröhre an den Pflanzen des obengenannten Standortes nicht auffinden. Ob die Nektarsekretion ausnahmslos unterbleibt, bedarf allerdings noch genauerer Feststellung. Vielleicht deutet auch die Abwesenheit des Saftmals auf Honiglosigkeit; der sehr auffallende, dunkelviolette Farbenfleck an der Spitze des sonst ungefärbten und nur um ein kleines Stück aus der Kelchröhre vorragenden Schiffchens könnte dann als Pollenmal betrachtet werden, da in dem Hohlraum unterhalb genannter Spitze die aus den Antheren getretenen Pollenmassen sich vorzugsweise ansammeln.

Der monadelphischen Ausbildung des Andröceums und dem Fehlen der Honiglöcher tritt bei *Vicia lathyroides* noch eine andere Abweichung in der plastischen Ausgestaltung der Blüthe zur Seite. Bei den meisten *Vicia*-Arten und überhaupt bei bienenblüthigen Papilionaten sind bekanntlich Einrichtungen vorhanden, die im Moment eines normalen Insektenbesuches die Hebelwirkung des Alae behufs Abwärtsbewegung des Schiffchens unterstützen und dadurch das automatische Hervortreten der narbentragenden Griffelspitze, sowie der zur Abladung auf den Besucherkörper bestimmten Pollenmassen reguliren. Diese Einrichtungen [2]) bestehen meist aus eng umgrenzten, hohlen Aus- und Einstülpungen an einander genau entsprechenden Stellen der Alae und der Carina, die durch Ineinandergreifen der Epidermispapillen äusserst fest mit einander vernietet werden. Da bei *Vicia lathyroides*, deren Schiffchen ziemlich tief in die Kelchröhre eingefügt und daher wenig beweglich ist, die Vernietungen zwischen Flügeln und Schiffchen vollständig fehlen, so müssen wir hierin, sowie auch in der abweichenden Bildung der Staminalröhre, der Honigzugänge, des Vexillums und der Carina ebensoviele deutliche Anzeichen von Reduction der Bestäubungseinrichtung erblicken. Die Blüthe von *Vicia lathyroides* erscheint also um einige Stufen weniger dem Insektenbesuch und der Xenogamie angepasst als die ihrer grossblüthigen Verwandten.

1) Die Nektarlöcher fehlen sonst auch denjenigen *Vicia*-Arten nicht, bei denen sich wie bei *Vicia sativa L.* und *pannonica Jacq.* das hinterste Staubgefäss mit den übrigen monadelphisch vereinigt, wie Kirchner (Neue Beobachtungen etc., Stuttgart 1886 S. 44 und Beitr. zur Biologie der Blüthen, Stuttgart 1890 S. 46) angibt.

2) Den anatomischen Bau einer Papilionatenblüthe in Zusammenhang mit der Bestäubungseinrichtung habe ich früher für *Oxytropis pilosa* näher auseinandergesetzt (s. Flora 1891 S. 84—91).

Damit ist nicht gemeint, dass die Blüthen den Insekten etwa ganz unzugänglich seien, wie dies der Verfasser der oben citirten Mittheilung annimmt. Er schreibt in dieser Beziehung folgendes: „An den beobachteten Exemplaren der Pflanze waren die meisten Blüthen geöffnet, d. h. die Fahne und die Flügel hatten sich ausgespreizt. Trotzdem lag auch für diese Blüthen Kleistogamie vor. Die beiden Blumenblätter nämlich, welche das sehr stumpfe Schiffchen bilden, berühren sich mit ihren Rändern fast vollständig, so dass dadurch die Staubblätter mit der Narbe in ein Gehäuse eingeschlossen sind. An die Einwirkung einer von aussen wirkenden Kraft zur Uebertragung des Blüthenstaubes ist demnach kaum zu denken, es müsste denn gerade ein Insekt Gewalt anwenden, um seine rüsselartig verlängerten und dann sehr dünnen Fresswerkzeuge durch den kaum haarfeinen Spalt hindurch zu zwängen."

Der Autor lässt hier mehrere sehr nahe liegende Dinge unbeachtet. Erstens kann man ein mit einem Spalt geöffnetes, normal gestaltetes und gefärbtes Schiffchen nicht als eine der Kleistogamie dienende Einrichtung bezeichnen: man müsste sonst auch die meisten übrigen einheimischen Papilionatenblumen kleistogam nennen. Und zweitens dringt ein geeigneter Blumenbesucher — wie etwa eine Apide von entsprechender Körpergrösse — mit ihrem Saugapparat an einer Papilionatenblüthe überhaupt niemals in den Spalt des Schiffchens ein, sondern drückt letzteres je nach Art des gerade vorliegenden Mechanismus und Pollenaufladeapparats in der Weise nach abwärts, dass gleichzeitig sowohl die Abladung des aus dem Schiffchen hervortretenden Pollens auf den Besucherkörper, als auch die Belegung der Narbe mit dem vom Besucher mitgebrachten Blüthenstaub mit Sicherheit bewerkstelligt wird. Es liegt somit für *Vicia lathyroides*, deren Blüthe mit einem Bürstenapparat versehen ist, kein Grund zu der Annahme vor, dass die Art ihrer Blüthenconstruction den Insektenbesuch verhindere. Man überzeugt sich vielmehr leicht, dass die einseitig gestellte, aus starren, parallel gerichteten Haaren gebildete Griffelbürste bei leisem Druck auf die Schiffchenspitze präcis etwas Pollen herausfegt. An vorliegender Blüthe könnte eine kleine, langrüsslige Apide, wie etwa eine *Osmia*-Art, den nothwendigen Druck dadurch ausüben, dass sie beim Vordringen zwischen Fahne und Flügeln den Vorderkopf in die oben erwähnte Ausbuchtung des Fahnengrundes einschiebt und damit wie durch einen Keil die darunter befindliche Schiffchenspitze nach abwärts drückt. Ob diese

Vorstellung vollkommen zutrifft, ist allerdings ohne direkte Beobachtung des Insektenbesuches nicht sicher festzustellen, und einen solchen zu beobachten, hat mir leider an dem genannten Standort der Pflanze nicht glücken wollen.

Vielleicht hat aber der Verfasser obiger Notiz mit der von ihm behaupteten Kleistogamie der Blüthe von *Vicia lathyroides* doch Recht! Er fand nämlich in der noch geschlossenen Blüthe in „kleinen Häufchen zusammengeklebte“ Pollenkörner auf, die bis 80 μ lange und 5—8 μ dicke Pollenschläuche getrieben hatten. Diese Beobachtung nöthigt uns, die Entwickelung der Blüthe um einige Schritte rückwärts zu verfolgen und Knospenzustände derselben ins Auge zu fassen.

In einer jungen Blüthenknospe von etwa 4 mm Länge fand ich die Staminalröhre bereits ziemlich erwachsen; die Antheren hatten schon ihre definitive Grösse erreicht, waren aber noch vollständig geschlossen. Der schwach gekrümmte Griffel ragte mit seiner Bürste ein kleines Stück über den Antherenkranz hervor; die Papillen der Narbe waren in diesem Stadium deutlich — bei 100 facher Vergrösserung — als vorgewölbte, kleine Höcker sichtbar. Ein Hindurchwachsen der Pollenschläuche durch die geschlossene Antherenwand zur Narbe und ein dadurch bewirktes Aneinanderhaften von Antheren und Narbe fand in diesem Fall sicher nicht statt. Die kleistantherische Form (im Sinne Aschersons) der Kleistogamie erscheint somit ausgeschlossen.

In etwas älteren Blüthenstadien öffnen sich dann die Antheren, und der austretende Pollen sammelt sich vorzugsweise in der dem Schiffchen aufsitzenden, aber kurzen Spitze an, wobei er durch die steifen Haare der ihn grösstentheils bedeckenden Griffelbürste vor der Berührung mit den Narbenpapillen wohl ausreichend geschützt wird. Erst in noch älteren Blüthen von 6 mm Länge, deren Fahne und Flügel die Knospenstellung bereits verlassen hatten, traf ich ein Verhalten des Pollens an, das mit der oben citirten Angabe in Uebereinstimmung steht. In der That waren jetzt verhältnissmässig reichliche, durch keimende Pollenschläuche verklebte und an der Narbe festhaftende Pollenkörner vorhanden. Aber es war augenscheinlich, dass dieser Pollen erst nach der gewöhnlichen Form des Ausstäubens zur Keimung gelangt sein konnte, da in keinem Fall die geöffneten Antheren direkt mit der Narbe durch Pollenschläuche in fester Verbindung standen. Es kann der vorliegende Fall somit auch nicht als chasmantherische Kleistogamie, sondern nur als frühzeitig — unter Umständen vielleicht

schon vor der Blüthenöffnung — eintretende Autogamie betrachtet werden.

Die Annahme echter Kleistogamie ist hier übrigens auch deshalb ungerechtfertigt, weil: 1. die Blüthentheile normal gestaltet und gefärbt sind und keineswegs in dem reducirten, knospenähnlichen Zustande verharren, wie er für echt kleistogame Blüthen, z. B. von *Viola, Impatiens, Lamium amplexicaule* u. a. charakteristisch ist, 2. entwickelungsgeschichtlich weder das kleistantherische noch das chasmantherische Verhalten der aus den Antheren austreibenden Pollenschläuche beobachtet wird, und 3. die Möglichkeit der Fremdbestäubung wenigstens bei offenen Blüthen vor Eintritt der Autogamie im Fall von Insektenbesuch nicht ausgeschlossen ist. Mit Rücksicht auf letzteren Punkt bedarf allerdings die Frage, ob der vom mehrfach citirten Verfasser angegebene Fall von Autogamie in geschlossener Knospe eine Ausnahme oder das normale Verhalten darstellt, noch einer weiteren gründlichen Prüfung. Vorläufig muss ich nach meinen oben mitgetheilten Beobachtungen das Erstere annehmen. Jedenfalls steht schon jetzt fest, dass die Blütheneinrichtung von *Vicia lathyroides* eine ganze Reihe von Eigenthümlichkeiten — wie Monadelphie der Staubblätter, Fehlen der Honiglöcher, Reduction der Fahne und des Schiffchens nebst deren Vernietungseinrichtungen — aufweist, die in Zusammenhang mit der direkt beobachteten, spontanen Pollenschlauchbildung auf der Narbe die Tendenz der genannten Art zu fast ausschliesslicher Autogamie und Hinneigung zu Kleistogamie unzweifelhaft machen. Ein allerdings nicht völlig übereinstimmender Parallelfall dazu liegt unter den einheimischen Papilionaten bei *Vicia hirsuta Koch* vor, deren winzige, nach Hermann Müller (Weitere Beobachtungen II. S. 261—62) sehr honigreiche und auch von Insekten besuchte Blüthen eine ähnliche Reduction der Vernietungseinrichtungen und des Hebelmechanismus erkennen lassen. Bei dieser Art fand ich ebenfalls an Exemplaren von Baumgartenbrück einzelne Narben offener Blüten reichlich mit keimenden Pollenzellen behaftet, die auch in diesem Fall wohl der eigenen Blüthe entstammten, da die kaum entwickelte, aus einzelnen, kurzen und etwas verdickten Haaren bestehende Griffelbürste dieser Pflanze doch immer nur eine entsprechend geringe Menge von Pollen bei der Uebertragung abzugeben im Stande sein kann. Die Pflanze ist ausserdem nach directen Versuchen Hermann Müller's (a. a. O.) vollkommen selbstfertil. Erwähnenswerth ist hierbei auch der merkwürdige Unterschied im Vergleich zu der nahe verwandten

Vicia tetrasperma Moench, deren Blüthen, wie ich an Exemplaren vom Apollensberg bei Wittenberg (Mai 1895) feststellte, mit einer wohlentwickelten Griffelbürste ausgerüstet sind und nach Kirchner (Neue Beobachtungen etc. S. 44—45) auch einen weniger reducirten Hebelmechanismus besitzen als die von *V. hirsuta.* Es finden sich also hier unter nahe verwandten Arten deutlich unterscheidbare Stufen in der Reduction der Bestäubungseinrichtungen.

Vicia lathyroides liefert nach den obigen Beobachtungen ein neues Beispiel für den Satz, dass Rückschritte in der Ausbildung der xenogamen Blütheneinrichtungen in deutlicher Correlation zu geförderter Autogamie stehen. Tritt die letztere regelmässig und frühzeitig ein, so ist sie von echter Kleistogamie nur noch um wenige Schritte entfernt. In dieser Hinsicht ist es von grösster Bedeutung, dass einige mit *Vicia lathyroides* nächst verwandte Arten, nämlich *V. pyrenaica Pourr., V. amphicarpa Dorth.* und *V. angustifolia Rth.* [1]) an unterirdischen Ausläufern echt kleistogame Blüthen auszubilden vermögen. Vielleicht gelingt es, solche auch bei *Vicia lathyroides* aufzufinden.

1) Vergl. Treviranus in Bot. Zeit. 1863 S. 145 und Ascherson in Verhandl. d. Bot. Vereins d. Provinz Brandenburg XXVI (1884) Berichte S. XIII.

Beobachtungen über den feineren Bau und Umwandlungen von Plasmodiophora Brassicae Woron. im Laufe ihres intracellularen Lebens.

Von

Dr. S. Nawaschin.

(Hierzu Tafel XX.)

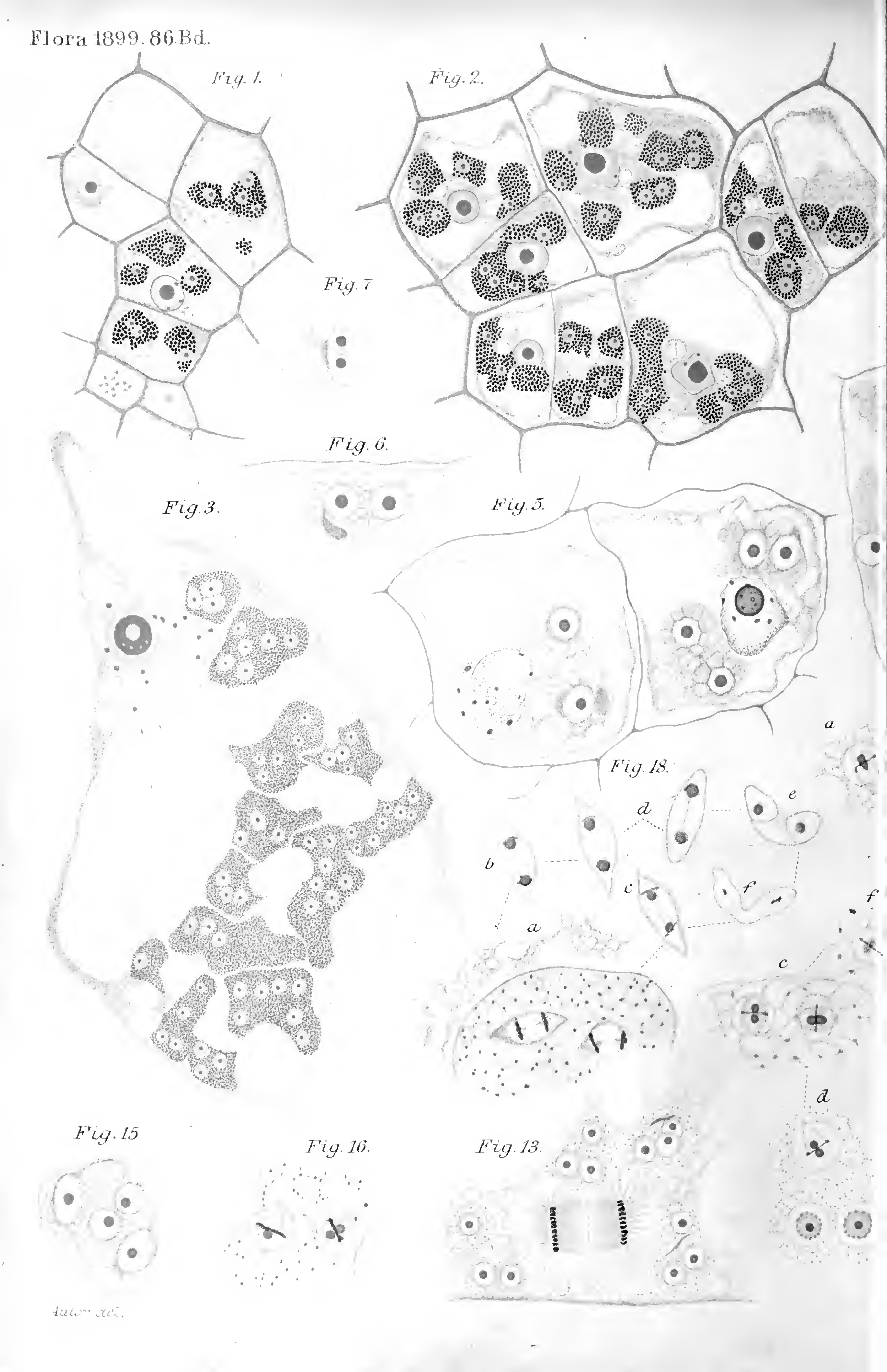
Durch Woronin's classische Arbeit über die Krankheit der Kohlgewächse, welche in Russland als *„Kapustnaja Kila"* (Kohlhernie) bezeichnet wird, wurde es festgestellt, dass die erwähnte Krankheit durch einen parasitischen Organismus verursacht wird, welcher von Woronin für eine neue Gattung der Schleimpilze anerkannt wurde und den Namen *Plasmodiophora Brassicae* erhalten hat. Die Anreihung des fraglichen Organismus an die Schleimpilze wurde von Woronin darauf begründet, dass sich der Schmarotzer der Kohlgewächse durch die Sporen vermehrt, die bei der Keimung amöboide Schwärmer erzeugen; ferner aber, dass der aus diesen Schwärmern entstehende, sich in den Parenchymzellen der Wurzeln entwickelnde Pilzkörper ein Plasmodium darstellt, und schliesslich, dass die Sporenbildung bei *Plasmodiophora* einfach durch simultane Theilung des ganzen Körpers in eine sehr grosse Zahl von Theilen geschieht.

Auch wurde von Woronin der Unterschied zwischen der neugegründeten Gattung und den übrigen, saprophytischen Schleimpilzen (*Myxogasteres*) nachgewiesen, darin bestehend, dass *Plasmodiophora* keine Sporangien mit der eigentlichen Hüllmembran (Peridium) ausbildet; ihre Sporenmassen lagern frei in der stark ausgedehnten Membran der durch den Pilz verwüsteten Nährzellen. Dieser Unterschied wird jedoch von Woronin als unwesentlich angesehen, aus dem Grunde, weil sich die Abwesenheit der Hüllmembrane auf die parasitäre Lebensweise von *Plasmodiophora* zurückführen lässt; die Sporenmasse, im Innern der Nährzellen gebildet, wird während des Reifens durch die Zellmembran umhüllt, so dass die Bildung einer eigenen Hüllmembran in der That überflüssig wäre.

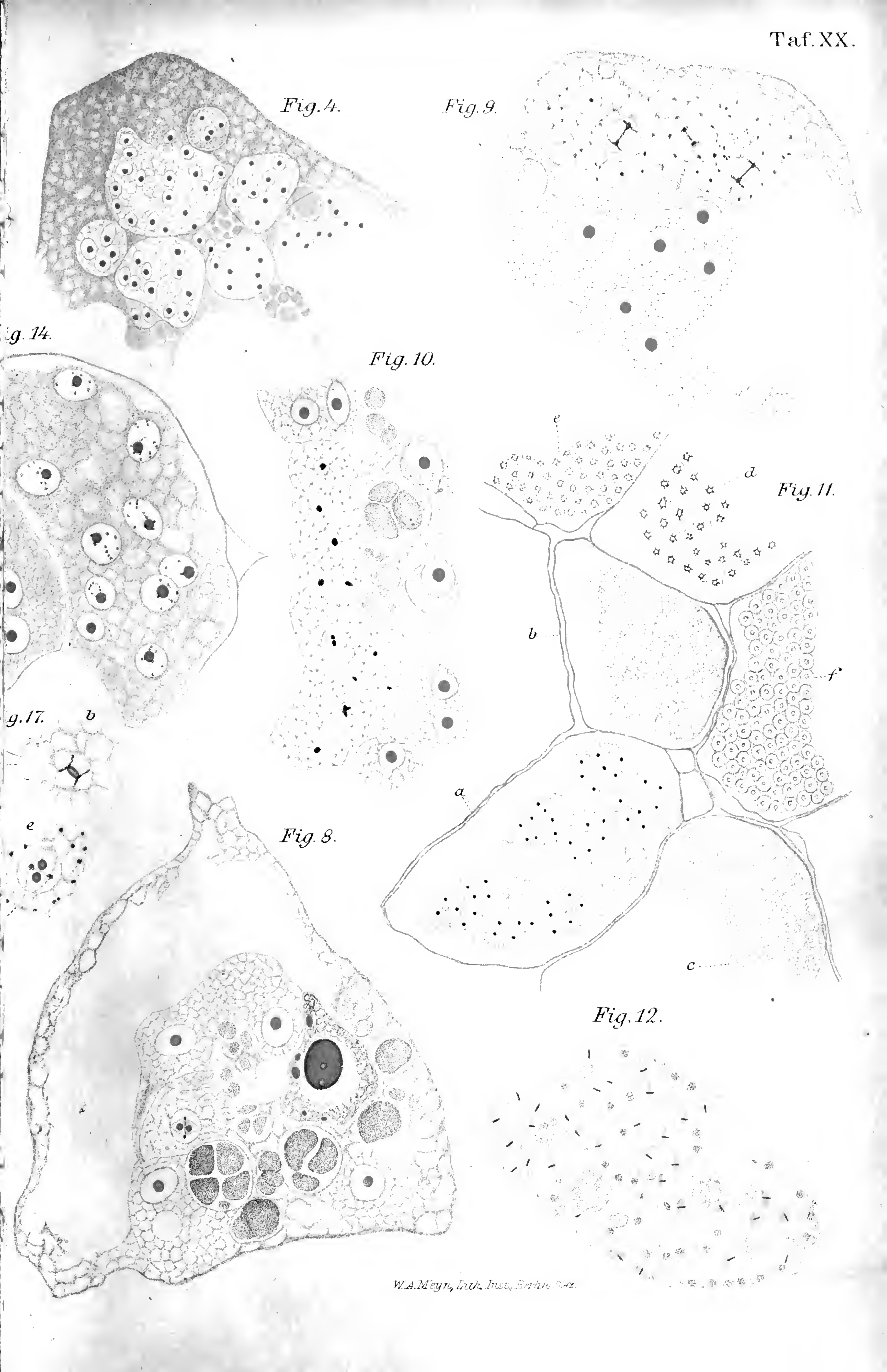
Nun sind mehr als zwanzig Jahre verflossen, seitdem Woronin sein grundlegendes Werk veröffentlicht hat. *Plasmodiophora* nimmt aber bis jetzt eine ziemlich absonderliche Stellung ein in der augenscheinlich „biologischen" Gruppe (*Phytomyxinae* Schröter) parasitischer



Flora 1899. 86. Bd.



Autor del.


Fig. 4.
Fig. 9.
Fig. 14.
Fig. 10.
e
d
Fig. 11.
b
f
Fig. 17.
b
e
a
Fig. 8.
c
Fig. 12.
W. A. Meyn, Lith. Inst., Berlin S.42.

Organismen (*Phytomyxa, Tetramyxa, Sorosphaera*), die weder zwischen einander, noch mit *Plasmodiophora* und den echten Schleimpilzen viel Aehnlichkeit zeigen. Bis jetzt ist auch der Bau von *Plasmodiophora* der Gegenstand keiner Detailforschung gewesen, während die echten Schleimpilze mit Hilfe sich in den letzten Jahrzehnten rasch entfaltenden Untersuchungsmethoden mehrmals cytologisch geprüft worden sind. Es wurde daher die vorliegende Arbeit zunächst in der Absicht vorgenommen, zur Kenntniss der Organisation von *Plasmodiophora* durch neue Thatsachen beizutragen.

Aus der Schilderung des ganzen krankhaften Vorgangs bei der Kohlpflanze, wie auch aus der Schlussbemerkung Woronin's leuchtet es aber hervor, dass *Plasmodiophora* auch in einer ganz speciellen Beziehung unsere Aufmerksamkeit in hohem Grade verdient, und zwar als intracellularer Erreger einer specifischen Geschwulst, welche unzweifelhafte Analogien mit den sog. „bösartigen“ Neubildungen bei den Thieren und dem Menschen aufweist. Ihrer gegenwärtigen systematischen Stellung nach soll ferner *Plasmodiophora* nicht allzuweit von den Sporozoen verschieden sein, die bekanntlich als specifische Erreger von allerhand Krankheiten bei den Thieren gelten. Das vorgenommene Studium versprach also auch vom Standpunkte der vergleichenden oder allgemeinen Pathologie nicht ohne Interesse zu sein.

Die Arbeit wurde von mir schon im Jahre 1893 in Angriff genommen. Nach vielen Versuchen aber, eine zweckmässige Untersuchungsmethode ausfindig zu machen, gelangte ich erst im Jahre 1897, hauptsächlich mit Hilfe der in unserer Zeit so verdienstvoll gewordenen Flemming'schen Fixirungs- und Färbungsmethode, zu dermassen befriedigenden Resultaten, dass ich dieselben jetzt als der Veröffentlichung nicht unwerth ansehen zu dürfen glaube. Jedenfalls sind viele Fragen der ursprünglichen Aufgabe hier nur theilweise berührt oder sogar nur angedeutet geblieben. Daraus wird der Leser hoffentlich nur ersehen, wie complicirt der betreffende Gegenstand ist!

Ja, ich bin sogar überzeugt, dass sowohl die Organisation und Entwickelung dieses Schmarotzers, wie auch die Reactionsvorgänge der Nährpflanze selbst auf die Einwirkung des Pilzes noch eine Zeit lang als ein dankbares Thema für etwaige Detailforschungen auf dem Gebiete der allgemeinen Pathologie dienen könnten. Vor allem möchte ich daher durch die vorliegende Publikation die Aufmerksamkeit der Pathologen auf diesen höchst interessanten pathogenen Organismus lenken.

Da wir in der Arbeit Woronin's eine lückenlose Reihe der vorwurfsfreien Beobachtungen an lebendem Material haben, beschränkte ich mich mit Untersuchungen der fixirten Objecte, somit mit Untersuchung der Vorgänge, die während des intracellularen Lebens von *Plasmodiophora* vor sich gehen. Es wurden zu diesem Zwecke sehr kleine Stückchen der kranken Wurzel von vorschiedenem Alter in die starke Flemming'sche Lösung eingelegt. Die Objecte blieben in derselben etwa 20—24 Stunden. Eine längere Einwirkung der Flemming'schen Lösung erwies sich als nachtheilig, obgleich sich die auf diese Weise behandelten Objecte an nicht allzu feinen Schnitten bequem untersuchen liessen. Dieser Vortheil der längeren Wirkung der Fixirungsflüssigkeit ist aber ganz illusorisch, weil die damit erzielte Klarheit der Präparate eigentlich durch mehr oder weniger vollkommenes Schwinden der feinsten Details bedingt wird, welche letztere sich vielmehr erst an den viel feineren Schnitten aus dem nicht so stark „macerirten" Material mit Genauigkeit studiren lassen. Meistens bediente ich mich daher der 2—3 μ dicken Mikrotomschnitte. Beim Aufkleben der Schnittserien wandte ich ausschliesslich destillirtes Wasser an. Die bekannte partielle Schwärzung der Objecte, von Osmiumsäure verursacht, war in manchen Fällen nur von Nutzen; sonst wurden die Schnitte vor der eigentlichen Färbung durch Behandlung mit Wasserstoffhyperoxyd entfärbt. Die fertigen Präparate wurden meistens in eingedicktem Cedernholzöl montirt.

Was die Färbung betrifft, so bewährte sich von verschiedenen Methoden das Flemming'sche Dreifärbungsverfahren, wie schon oben erwähnt, am besten. Die beiden folgenden Methoden wandte ich nur in speciellen Fällen oder zur Controlle an: 1. die Färbung mit verdünnter Hämatoxylinlösung (Delafield's), combinirt mit Nachfärbung mit Eosinlösung in Nelkenöl; 2. Gentianaviolettmethode nach Gram, combinirt mit der unter 1. erwähnten Nachfärbung mit Eosin. Das Flemming'sche Verfahren habe ich übrigens etwas modificirt, indem ich anstatt die concentrirte wässerige Lösung von Orange, wie sonst üblich, anzuwenden, diesen Farbstoff erst bei dem definitiven Differenziren der Präparate mit Nelkenöl einschaltete. Dabei werden die auf die bekannte Weise mit Safranin und Gentiana-Violett gefärbten Schnitte durch Alkohol gut entwässert und in die gesättigte Lösung von Orange in Nelkenöl übergetragen, worin sie fast eine beliebige Zeit lang verbleiben können. Bei der richtig vorgenommenen Hauptfärbung (Safranin und Gentianaviolett) gelingt auf diese Weise die Differenzirung, wie auch die Nachfärbung mit Orange am

besten (wenigstens an allen von mir bis jetzt untersuchten pflanzlichen Objecten), wobei man auch etwas Zeit ersparen kann. Das Nelkenöl mit Orange wird durch Abspülen in Xylol oder, wenn man das Präparat in Cedernholzöl montiren will, in dem käuflichen (nicht eingedickten) Cedernholzöl entfernt.

Da sich die sämmtlichen Details des Baues von *Plasmodiophora* durch besondere Kleinheit auszeichnen, so wandte ich bei der Zeichnung ausserordentlich starke Ocularvergrösserungen bis 2500 Mal an. Dies geschah jedoch ausschliesslich wegen grösserer Bequemlichlichkeit beim Entwerfen der Bilder mit dem Zeichenapparat; für die eigentliche Beobachtung kamen immer nur die üblichen Vergrösserungen bis 1000 Mal (z. B. Zeiss' Apochr. 3 mm Oelimmers. n. Ap. 1.40 mit Comp.-Oc. 8. und 12) zur Verwendung.

Als Untersuchungsmaterial dienten mir junge Kohlpflanzen eines Mistbeetes, dessen Erde ich durch Einlegen von mehreren kranken Kohlwurzeln inficirt habe. Während des Sommers säete ich Kohlsamen in dieselbe Erde mehrmals aus, so dass verschiedene Entwickelungsstadien der Krankheit mir fortwährend zur Verfügung standen.

Das ursprüngliche Material wurde mir von Herrn Dr. M. Woronin gütigst zugesandt. Für diese freundliche Hilfe sage ich dem Herrn Woronin meinen herzlichsten Dank!

Was die allgemeine Schilderung der äusseren Krankheitserscheinungen der Kohlhernie betrifft, so verweise ich auf die zahlreichen, meisterhaften Abbildungen und die betreffende Beschreibung in der Arbeit Woronin's. Diesem Gelehrten verdanken wir auch sehr ausführliche Angaben über die inneren Vorgänge in den kranken Zellen der Kohlwurzel, woraus man leicht den Aufschluss ziehen kann, dass die Krankheit in zwei Hauptphasen zerfällt. Die erste Phase wird nach Woronin durch den mehr oder weniger spärlichen halbflüssigen, trüben Inhalt der kranken Zellen charakterisirt; in dem Maasse aber, als die letzteren sich vergrössern, vermehrt sich stark auch deren Inhalt, indem er immer dichter und trüber wird. Die älteren kranken Zellen zeichnen sich demgemäss dadurch aus, dass sie von einer trüben, feinkörnigen Masse fast vollkommen erfüllt sind. Dies ist der Anfang der zweiten Phase, im Verlaufe deren die Sporenbildung eingeleitet und abgeschlossen wird. Im Nachstehenden bezeichne ich daher die erste Phase als vegetativen, die zweite als sporenbildenden Zustand des Schmarotzers. Der Bau des Körpers

von *Plasmodiophora* und dessen Umwandlungen während der Sporenbildung werden von mir in den beiden ersten Kapiteln behandelt, während sich das dritte Kapitel mit den gegenseitigen Beziehungen zwischen der Nährzelle und dem Schmarotzer beschäftigt.

I. Der vegetative Zustand des Schmarotzers.

1. Die Lage des Schmarotzers im Innern der Nährzelle.

Das Schwärzen der Präparate, von Osmiumsäure verursacht, erwies sich als das geeignetste Mittel zur Entdeckung der jüngsten Entwickelungsstadien von *Plasmodiophora*, besonders aber zum Orientiren über die Lagerung des Pilzes in der Nährzelle. Die schwarze Farbe beschränkt sich nämlich ausschliesslich auf den Pilzkörper, während das Protoplasma und die übrigen Inhaltstheile der Nährzelle, wie auch die sämmtlichen Gewebselemente des Wurzels vollkommen farblos bleiben. Färbt man auch diese von Osmium freien Theile indem man das Präparat auf eine beliebige von den oben angegebenen Weise behandelt, so bekommt man sehr anschauliche Bilder, welche zeigen, dass jede kranke Zelle eine Anzahl von unregelmässig gestalteten, schwarzen Körpern enthält, die durch die Zwischenschichte des Protoplasmas von einander abgetrennt sind (Fig. 1 und 2). Auf den ersten Blick erscheinen diese Körper als Anhäufungen von winzigen, rundlichen, schwarzen Körnern; so dicht zusammengedrängt sind meistens die letzteren. Jedoch bei der näheren Untersuchung entdeckt man zwischen den Körnern einige farblosen Flecke mit je einem centralen, rothen (Safraninfärbung) Punkte. Diese Flecke sind, wie es im Nachstehenden nachgewiesen wird, die Kerne mit ihren nucleolenartigen Binnenkörperchen, während die schwarzen Körner den Tröpfchen des aufgespeicherten Fettes offenbar entsprechen, welches letztere bekanntlich eben auf diese Weise an den mit Osmiumsäuregemischen behandelten Präparaten zum Vorschein kommt. Die kernhaltigen Körper, die ich nach ihrem Bau und nach ihrer unregelmässigen Gestalt als Amöben bezeichnen will, repräsentiren die allerersten Entwickelungsstadien von *Plasmodiophora*, welche an den Schnitten der jüngsten Wurzelanschwellungen überhaupt wahrzunehmen sind. Zunächst in einer sehr geringen Anzahl, dann aber sich stark vermehrend, lagern die Amöben meistens rings um den Zellkern der Nährzelle.

Der Inhalt der Nährzellen besteht aus der wandständigen Protoplasmaschicht, welche mit dem Zellkerne vermittelst mehrerer Protoplasmabänder communicirt; dann, selbstverständlich, aus dem Zell-

safte, der die zu dieser Zeit noch reichlich vorhandenen Vacuolen oder das ganze Zelllumen erfüllt. Die mannigfaltig gestalteten Stärkekörner von verschiedener Grösse (von Gentianaviolett blau gefärbt) sind stets in den protoplasmatischen Theilen der Nährzelle selbst eingebettet. Beim eingehenden Studium der zahlreichen Präparate dieser Art konnte ich nicht einmal spurweise die Stärkekörner im Innern der Amöben nachweisen, woraus mir der Schluss erlaubt zu sein scheint, dass die Amöben von *Plasmodiophora* unfähig sind, eine feste Nahrung, wenigstens die Stärke, aufzunehmen; dieselben seien vielmehr, ähnlich wie die Sporozoen, auf die Ernährung durch aufgelöste Substanzen angewiesen, in unserem Falle aber offenbar durch diejenigen, welche im Zellsafte vorhanden sind.

Dass die Amöben im Innern der Nährzelle als von einander unabhängige Gebilde, d. h. als Individuen schmarotzen, ohne mit einander zu einem Plasmodium zu verschmelzen, zeigen ganz übereinstimmend die Präparate, in welchen die schwarze Osmiumfärbung der Amöben entfernt ist. Am besten sind dazu die nach der Flemming'schen Dreifärbungsmethode gefärbten Schnitte geeignet, an welchen man den Körper der Amöbe nach seinem charakteristischen Bau von dem Protoplasmakörper der Nährzelle leicht unterscheiden kann (Fig. 8). Es ist mir niemals gelungen, ein Paar in Verschmelzung begriffene Amöben zu finden, noch weniger Anastomosen zwischen denselben wahrzunehmen. Vielmehr erscheinen die einzelnen Amöben stets durch die leicht erkennbaren Protoplasmaschichten abgesondert, wobei die blau gefärbten Stärkekörner die Grenzen zwischen den Amöben besonders scharf markiren.

Allein indem die Anzahl der Amöben in der Nährzelle wächst, wird es immer schwieriger, den Nachweis zu bringen, dass die Amöben als unabhängige Individuen auch ferner bestehen bleiben, und man denkt unwillkürlich an die allmähliche Verschmelzung derselben und an die Bildung des Plasmodiums. Die Schwierigkeit dieses Nachweises wird zum Theil dadurch bedingt, dass die zahlreichen Amöben zuletzt sehr gedrängt liegen, so dass die Zwischenschichte des Protoplasmas der Nährzelle zu feine Häutchen werden. Auch wird die Nährzelle mit der Zeit so gross, dass eine ununterbrochene Schnittserie durch dieselbe keine sichere Orientirung in der Zusammengehörigkeit der Bilder der einzelnen Amöben mehr zulässt, so dass über den Beobachter immer die Frage schwebt, ob die zahlreichen Partien, in welche der Pilz in dem Schnitte zerfällt (Fig. 3), in der That den Durchschnitten der einzelnen Amöben entsprechen oder

vielmehr den Gesammtdurchnitt eines stark verzweigten, gewundenen Plasmodiums darbietet.

Diese Schwierigkeit lässt sich jedoch glücklicherweise umgehen. Es stellte sich nämlich heraus, dass sich die Kerne des Pilzes im Laufe der ganzen vegetativen Entwickelung desselben fortwährend vermehren; dabei theilen sich die sämmtlichen Kerne jeder einzelnen Partie stets simultan, wie es z. B. die Figur 9 zeigt, wo sich alle der einen Partie angehörigen Kerne in demselben Theilungsstadium befinden. Ausserdem zeichnet sich die betreffende Partie durch eine merkliche Veränderung der Struktur ihres Protoplasmas aus. Nach diesen Thatsachen zu urtheilen, haben wir es hier mit vielkernigen Protoplasmakörpern zu thun, welche als abgeschlossene physiologische Einheiten angesehen werden dürfen, was mit der Annahme, es seien alle Partien nichts anderes, als Theile eines morphologisch einheitlichen Ganzen, offenbar unvereinbar ist.

2. Die Gestalt und der Bau der Amöben.

Im Vorangehenden haben wir gesehen, dass die Amöben keine bestimmte Gestalt besitzen. Dies scheint aber durch ihre gegenseitigen Beziehungen in der Nährzelle und durch die Beziehungen gegen den Inhaltstheilen der Nährzelle selbst bedingt zu werden, mit anderen Worten, — durch den Druck, welchen jede Amöbe von Aussen erfährt. Es ist nämlich leicht die Thatsache festzustellen, dass diejenigen Amöben, die keinen Druck erfahren, mehr oder weniger regelmässig sphärische Gestalt annehmen. Dies wurde von Woronin bemerkt, der von den kugelartigen, wasserhellen Tropfen spricht, die aus den Schnitten der frischen Wurzelanschwellungen auf dem Objectträger ins Wasser heraustreten. Wahrscheinlich habe ich dieselben Gebilde, allein in fixirtem Zustande, beobachtet. An der Peripherie der Wurzeldurchschnitte sieht man häufig kreisrunde Scheibchen, die sich ihrer Struktur nach nicht im mindesten von den normalen, intracellularen Amöben unterscheiden. Die Scheibchen bieten, aller Wahrscheinlichkeit nach, die Durchschnitte der Woronin'schen Kugel dar, welche letztere sich beim Zerschneiden der Wurzelanschwellung bilden und sofort fixirt werden, indem sie an der Oberfläche der Wurzelstückchen haften bleiben.

Eine ähnliche Erscheinung lässt sich aber auch im Innern der Nährzelle beobachten im Falle, dass eine bedeutende Masse des Wirthprotoplasmas noch vorhanden ist. In den Anhäufungen desselben, meistens in den Ecken der Nährzelle, nehmen die Amöben die Gestalt von beinahe sphärischen Körpern an und liegen in den

ebenso abgerundeten Vacuolen des Wirthplasmas (Fig. 4). In solchen Verhältnissen scheint die Amöbe fähig zu sein, ihre Gestalt activ zu verändern, indem sie stumpfe Ausstülpungen nach Aussen bildet, wie es bei der grössten von den auf der Figur 4 abgebildeten Amöbe zu sehen ist. Solche Ausstülpungen erinnern jedoch sehr wenig an die Pseudopodien der meisten bekannten Amöben; meines Erachtens bieten sie vielmehr diejenigen Abschnitte des Körpers, die später als junge Amöben abgeschnürt werden.

Weder bei den im Innern des Gewebes fixirten Amöben, noch bei denjenigen, welche zufällig an der Oberfläche der Wurzel getroffen werden, vermisst man jede Differenzirung des Körpers in Ekto- und Endoplasma. Das Protoplasma des ganzen Körpers weist entweder gleichmässig körnige oder regelmässig wabige Struktur auf, mitunter aber erscheint es netzartig gebaut (vgl. Fig. 3, 4, 8 und 9). Es ist schwer zu sagen, inwiefern jene oder diese von den erwähnten Strukturen dem Körper der Amöben normalerweise eigen sei, denn die Vollkommenheit der Wirkung der Fixage scheint dabei eine gewisse Rolle zu spielen. Es mag aber hier zunächst hervorgehoben werden, dass in allen Fällen, wo man die schnellste Wirkung der Fixage vermuthen kann, entweder die wabige, oder die netzartige Struktur hervortritt, je nachdem sich die Kerne der betreffenden Amöben im Ruhezustande, bezw. in der Theilung befanden. Im Gegentheil ist die körnige Struktur eher als Resultat einer unvollkommeneren Wirkung der Reagentien zu deuten, da sie in den am tiefsten liegenden Theilen des Objectes constant hervortritt. Auf den Figuren 8, 9 und 15 sind solche Amöben abgebildet, deren Protoplasmastruktur ich als am besten erhaltene ansehen zu dürfen glaube, weil die betreffenden Schnitte den äussersten Zelllagen des Objectes herrührten. Die Figuren 8, 10 und 16—18 zeigen deutlich den Unterschied zwischen den die ruhenden Kerne enthaltenden Amöben und denjenigen, deren Kerne sich theilen. Das Protoplasma der ersteren ist von fein wabiger Struktur, das der letzteren bietet ein ziemlich weitmaschiges Netz dar, dessen beinahe farblose Fäden an den Knotenpunkten bläuliche Körner tragen (Fig. 10, 16—18).

Es wollte mir nicht gelingen, eine bestimmte Vorstellung vom Bau des Körpers der jüngsten Amöben zu gewinnen. Ihr Protoplasma unterscheidet sich von demjenigen der Nährzelle bei weitem nicht so scharf, als es bei den erwachsenen Amöben der Fall ist. Der Körper einer sehr jungen Amöbe scheint vielmehr mit dem Wirthprotoplasma beinahe zu verschmelzen, indem die Amöbe zahl-

reiche, feine Fortsätze nach allen Richtungen sendet (Fig. 5—7). Neben den Kernen solcher jungen Amöben lassen sich gewöhnlich homogene Klümpchen beobachten, die meistens charakteristische, beinahe halbmondförmige Gestalt aufweisen (Fig. 6 und 7) und sich olivenbraun färben. Zur Deutung dieser Gebilde fehlen mir alle Gründe. Sie scheinen in vorgerückterem Alter der Amöbe ihre Gestalt aufzugeben und lösen sich allmählich auf. An Stelle derselben erscheint im Körper einer erwachsenen Amöbe ein neuer Bestandtheil in Form von homogenen Häutchen, die, quer durchgeschnitten, natürlich, wie Fäden aussehen. Diese scheinbaren Fäden ziehen sich bogenartig durch das Protoplasma, indem sie die Kerne untereinander paarweise zu verbinden pflegen (Fig. 15). Untersucht man das Verhalten der „Fäden“ bei der abwechselnden Einstellung, so überzeugt man sich, dass dieselben in Wirklichkeit mannigfaltig gekrümmte Häutchen repräsentiren. Aus der am Ende dieser Arbeit folgenden Beschreibung der Kerntheilung wird ersichtlich, dass sich die Bildung der erwähnten Häutchen in einen gewissen Zusammenhang mit jenem Vorgange bringen lässt.

Als ein wesentlicher Bestandtheil des Körpers der Amöben wurde schon oben das Fett genannt, welche Substanz in feinen Tröpfchen das ganze Protoplasma durchtränkt. Das genaue Vergleichen der mit Osmium imprägnirten mit den osmiumfreien Präparaten macht die Annahme wahrscheinlich, dass die Fetttröpfchen in den Alveolen des wabigen Protoplasmas lagern. In der That bietet das Protoplasma auf der Figur 15 gleichsam ein negatives Bild der Fettablagerung in den auf den Figuren 1 und 2 abgebildeten Amöben. Ich glaube ferner annehmen zu dürfen, dass das Fett hier kaum im Zustande von freien, homogenen Tropfen vorkommen wird, sondern von gewissen proteïnartigen Körnern gebunden ist. Die letzteren lassen sich nämlich, nach dem Entfernen von Osmium, durch Hämatoxylinfärbung kenntlich machen, welche letztere dem Körper der Amöbe einen grobkörnigen Anschein verleiht (Fig. 3). Uebrigens dürfen diese Hämatoxylin stark aufnehmenden Körner nicht als selbständige Gebilde angesehen werden; dieselben können vielmehr bloss als Inhalt der Alveolen des wabigen Protoplasmas, vielleicht als Grundsubstanz desselben, gelten.

Weit sicherere Resultate, als die in Betreff der Protoplasmastruktur eben mitgetheilten, gewähren meine Beobachtungen über den Bau des Kernes, da sich derselbe gegen die Wirkung der Reagentien viel weniger empfindlich erwies.

Sehr selten gelingt es, eine Amöbe aufzufinden, die weniger als vier Kerne enthält. Die jüngsten Individuen, die mir vorgekommen sind (Fig. 6 und 7), besassen bereits je ein Paar Kerne. Allein es lässt sich der Bau des Kernes an solchen jungen Amöben nicht bequem genug studiren, so dass ich die folgenden Angaben auf die Untersuchungen der späteren Entwickelungsstadien stütze.

Die Gestalt der Kerne von *Plasmodiophora* ist eiförmig, elliptisch oder rundlich, wenn übrigens das Vorkommen der letzteren Gestalt nicht auf die Querdurchschnitte der elliptischen oder eiförmigen Kerne zurückgeführt werden muss, was ich als wahrscheinlich betrachte. Das angrenzende Protoplasma bildet mitunter deutliche, calotenförmige Ansätze an den beiden Polen des Kernes, was demselben eine noch mehr ausgesprochene oblonge Gestalt verleiht.

Der Kern besitzt eine deutlich differenzirte Membran, welche die bläschenförmige Kernhöhlung mit einem stark tingirbaren, meistens im Centrum der Höhlung liegenden Binnenkörperchen umschliesst. Dies sind die Kernbestandtheile, welche an den gut differenzirten Präparaten sofort in die Augen springen. In besonders günstigen Fällen aber gelingt es, an den ruhenden Kernen noch einen a priori wohl denkbaren Bestandtheil festzustellen. Dies ist ein Chromatingerüst, welches sich in Gestalt eines ausserordentlich zarten Netzes erst mit Hilfe der vollkommensten optischen Mittel entdecken lässt (Fig. 15).

Die Kernmembran scheint gewöhnlich in die oben erwähnten Häutchen direct überzugehen. Die letzteren bieten, in optischen Querdurchschnitten gesehen, gleichsam rankenförmige Anhängsel, vermittelst deren die Kerne in Verbindung miteinander treten (Fig. 15).

Das Chromatingerüst, dessen Bau man ebenso gut als wabig, denn als netzartig ansehen dürfte — die thatsächlichen Beobachtungen zur Entscheidung der Frage scheinen mir wegen der Kleinheit des Objectes vollkommen unzulänglich zu sein —, bleibt bei der Behandlung der Schnitte nach Flemming beinahe farblos; Gentianaviolett färbt dasselbe nur schwach bläulich. Mitten in der Kernhöhlung weist das Chromatingerüst einen rundlichen Hof auf, der das Binnenkörperchen enthält.

Es wurden bekanntlich die ruhenden Kerne mancher Sporozoen und Pilze einfach als bläschenförmige Gebilde, die ein stark tingirbares, nucleolenartiges Binnenkörperchen enthalten, beschrieben. Nachdem es mir in den günstigsten Fällen selbst erst nach vielen Bemühungen das Chromatingerüst in den ruhenden Kernen von *Plasmodiophora* festzustellen gelingen wollte, gestatte ich mir an dieser Stelle die

Vermuthung auszusprechen, dass sich dieser Bestandtheil des Kernes auch in den gemeinten Fällen an der Hand von passenden Färbungsmethoden würde entdecken lassen.

Das Binnenkörperchen der Kerne von *Plasmodiophora* bezeichne ich als Nucleolus, obgleich dessen Verhalten bei der Kerntheilung, wie es später gezeigt werden muss, viel Eigenartiges bietet. Seinen Reactionen nach gleicht dieser Körper im Allgemeinen den Nucleolen der höheren Pflanzen, da er bei verschiedenen Differenzialfärbungen stets anders tingirt wird, als die Chromatinsubstanz. Die Nucleolen von *Plasmodiophora* lassen sich auch nicht als proteïnartige Einschlüsse der Kerne deuten, weil ihnen eine active Rolle bei der Kerntheilung anheimfällt.

3. Vermehrung der Amöben.

Der Vermehrung gehen ein bedeutendes Anwachsen des Körpers und wiederholte Theilung der Kerne der Amöbe voran. Die Kerntheilung geschieht stets simultan, was schon oben hervorgehoben wurde. Eine bedeutend angewachsene Amöbe enthält somit zahlreiche Kerne, die merklich kleiner sind, als die einer jüngeren Amöbe. Merkwürdigerweise sind mir unzweifelhafte Bilder der in Theilung begriffenen Amöben niemals vorgekommen. Ich nehme jedoch die Nothwendigkeit dieses Vorganges ohne Bedenken an, da die Anzahl der Amöben in jeder stark vergrösserten Zelle sehr bedeutend ist. Eine andere denkbare Erklärung dieser Thatsache — es sollen die Amöben in die kranke Zelle aus den benachbarten Zellen einwandern — scheint mir unthunlich zu sein, einerseits, weil ich die Wanderung der Amöben durch die Zellwandungen, bezw. durch die Poren derselben, niemals beobachten konnte, andererseits weil die sämmtlichen Amöben im Innern der Nährzelle stets in dem ununterbrochenen, dichten Schlauche des Wirthprotoplasmas eingesperrt liegen. Ausserdem sind die kranken Parenchymzellen eben während ihres Wachsthums, also zur Zeit, wo Einwanderung der Amöben am meisten stattfinden sollte, von mehreren Lagern vollkommen normaler, pilzfreier Zellen umgeben. Dies konnte ich sowohl an den Querschnitten, wie auch an den Längsschnitten der kranken Wurzel feststellen, so dass ich annehmen muss, dass die Wanderung der Amöben während des secundären Wachsthums der Wurzel nicht geschehen kann. Vielmehr wird dieser Vorgang in den jüngsten Stadien der Entwickelung der Wurzelanschwellungen im Innern der primären Gewebe der Wurzel vor sich gehen, und zwar auf die Weise, dass die von aussen einwandernden Amöben zahlreiche, primäre

Krankheitsherde im Innern der Wurzel bilden. Solche Stadien zu untersuchen, war ich leider nicht im Stande, so dass die höchst interessante Frage über die Wanderung der Amöben durch die Gewebe als Thema einer künftigen Untersuchung offen stehen bleibt. Es wird aber im Nachstehenden von mir gezeigt, dass die Verbreitung der Krankheit in den secundären Geweben ausschliesslich durch die Vermehrung der inficirten Zellen bedingt wird.

Es erübrigt mir an dieser Stelle nur, auf die schon oben geäusserte Vermuthung in Bezug auf den Theilungsmodus der Amöben zu verweisen. Auf Grund der zahlreichen Bilder, die mir vorgekommen, glaube ich annehmen zu dürfen, dass sich die erwachsenen Amöben von *Plasmodiophora* durch Sprossung vermehren, indem die kurzen, stumpfen Ausstülpungen, die solche Amöben zu bilden pflegen (Fig. 4), als junge Amöben abgeschnürt werden. In der That habe ich öfters beobachtet, dass neben den grösseren, lappigen Amöben mehrere kleinere, rundliche vorkommen, wie es die erwähnte Abbildung zeigt.

II. Der sporenbildende Zustand des Schmarotzers.

1. Das vorbereitende Stadium.

Die Sporenbildung bei *Plasmodiophora* wird dadurch eingeleitet, dass die zahlreichen erwachsenen Amöben, die die stark vergrösserte Nährzelle erfüllen, sich merklich zusammenziehen und eine beinahe regelmässig rundliche Gestalt annehmen (Fig. 11 *a*). In der Arbeit Woronin's (Taf. V, Fig. 36, 42, 43 und 45) sind solche kugelförmigen Gebilde in mehreren Zellen, bald in vollkommen abgesondertem Zustande, bald gleichsam im Zusammenfliessen begriffen, sehr deutlich erkennbar. Ich sehe diese Kugeln als die eben erwähnten, sich zusammenziehenden und abgerundeten Amöben an. An meinen Präparaten fand ich dieselben stets in unmittelbarer Nähe der Zellen, wo die Sporenbildung bereits vor sich geht (Fig. 11 *f*), d. h. gerade in denselben Verhältnissen, wie es die Abbildungen Woronin's zeigen.

Solche abgerundete Amöben liegen, wie vorher, in den Vacuolen des Wirthprotoplasmas eingeschlossen, obgleich das letztere zu dieser Zeit bedeutend erschöpft wird. Die Amöben sind jetzt nur mit sehr dünnen Häutchen des Wirthprotoplasmas überzogen, die sich beinahe gelbbraun färben. Diese Häutchen gehen unmittelbar in die Protoplasmastränge über, die sich ihrerseits an die wandständige Protoplasmaschicht anschliessen, welche letztere auch ganz erschöpft und

dünn geworden ist. Die Stärke ist zu dieser Zeit in dem Wirthprotoplasma meistens noch zu finden (Fig. 11*a*).

Das Studium der zahlreichen Präparate dieses Entwickelungszustandes gestattet mir den Schluss zu ziehen, dass erst zu dieser Zeit das Zusammenfliessen der Amöben unter der Bildung des Plasmodiums vor sich gehen muss. Als nothwendige Bedingung nehme ich dabei an, dass die zwischen den Amöben bis hierher gebliebenen Protoplasmahäutchen entweder resorbirt oder durchbrochen werden müssen. Die Figur 11 repräsentirt uns in der Zelle *a* eine grosse, beinahe biscuitförmige Amöbe, welche gleichsam durch Verschmelzung zweier kleineren Amöben entstanden ist. In anderen Fällen fand ich auch solche Zellen, die zum Theil bereits ein continuirliches Plasmodium, zum Theil aber einige noch abgesonderte, rundliche Amöben enthielten.

Noch bevor die abgerundeten Amöben zur Verschmelzung untereinander kommen, weisen dieselben manche Unterschiede in ihrem Bau von den vegetativen Amöben auf. Diese Unterschiede betreffen die Kerne, und zwar hauptsächlich deren Nucleolus, der jetzt auffallend kleiner wird und sich eher violett als roth färbt (Fig. 11*a*). In dem continuirlichen Plasmodium aber erscheinen die Kerne vollkommen umgeändert; es lässt sich in denselben kein Nucleolus mehr finden, während die bis dahin fast unkenntliche Chromatinsubstanz in Form zahlreicher, winziger Körner deutlich auftritt, welche zu unregelmässig gewundenen Fäden perlschnurartig gebunden zu sein scheinen (Fig. 11*b*). Durch diese Umänderung der Kerne wird das vorbereitende Stadium der Sporenbildung abgeschlossen; die von diesem Zeitpunkt an beginnende, lebhafte Kerntheilung führt direct zur Bildung der unzähligen Kerne der künftigen Sporen.

2. Die eigentliche Sporenbildung.

In dem durch den eben geschilderten Process entstandenen Plasmodium treten die folgenden Umwandlungen ein. Der Körper des Plasmodiums wird allmählich voluminöser infolge lebhafter Bildung der Vacuolen; das Plasmodium erfüllt jetzt meistens beinahe das ganze Lumen der Nährzelle (Fig. 11*b*). Vom Inhalte der letzteren bleibt die sehr dünn gewordene, jedoch augenscheinlich sehr feste, homogene wandständige Protoplasmaschicht noch übrig. Die spärlich zurückgebliebenen Stärkekörner liegen nun in dem Körper des Schmarotzers selbst eingebettet. Zwischen den reichlich gebildeten Vacuolen vertheilen sich die Kerne, deren Volum allmählich zunimmt,

die Chromatinsubstanz aber sich wiederum immer schwächer zu färben anfängt (cf. Fig. 11 *b* und *c*). Mit dieser Erscheinung geht aber eine auffallende Veränderung des Protoplasmas Hand in Hand, indem dasselbe immer körnchenreicher wird. Da die sich stark vermehrenden Körnchen des Protoplasmas sich dabei chromatinartig verhalten, d. h. hellblau färben, bildet das Protoplasma zuletzt einen continuirlichen blauen Grund, worauf die ebenso blaukörnigen Kerne, gleichsam verschwommen, kaum erkennbar sind. Nun tritt während dieser Umwandlung des Protoplasmas ein gewisser Moment ein, woselbst die Kerne so gut wie ganz verschwinden, das ganze Plasmodium aber wird durch unzählige, feinste Fibrille, die aus Körnchen bestehen, in allen Richtungen durchgezogen. Diese Struktur ist von solcher Feinheit und Complicirtheit, dass ich darauf verzichten musste, dieselbe durch eine naturtreue Abbildung zu veranschaulichen, obgleich die erwähnte Erscheinung mir von hervorragendem Interesse zu sein schien. In manchen Fällen nämlich konnte ich in der That keine Spuren von differenzirten Kernen nachweisen; die Chromatinsubstanz derselben schien sich über die ganze Masse des Plasmodiums gleichmässig zu vertheilen, als ob es sich dabei um wirkliche Auflösung der Kerne und Vermischung ihrer Bestandtheile handelte. Merkwürdigerweise fand ich aber an allen meinen Präparaten nur ein und dasselbe Bild wieder, wo das ganze Plasmodium bereits beinahe gleichmässig fibrillär körnig aussah; es liessen sich einzelne Phasen der vermuthlichen Auflösung der Kerne nicht feststellen. Es muss also dahingestellt sein, ob dieser Vorgang in Wirklichkeit existirt, denn es bleibt auch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die Kerne nur ausserordentlicher Buntheit des Gesammtbildes wegen der directen Beobachtung sich entziehen könnten.

Der Zustand der Sporenbildung bei *Plasmodiophora* wird also durch Vorhandensein eines echten Plasmodiums charakterisirt, welches dem Bau seines Körpers nach von den vegetativen Amöben weit verschieden ist, denn sowohl das Protoplasma, wie die Kerne, werden während der Bildung des Plasmodiums wesentlich umgeändert. Besonders auffallend ist aber die Umänderung der Kerne, weil diese letzteren, nachdem sie in dem sich zur Sporenbildung anschickenden Plasmodium von Neuem zum Vorschein gekommen sind, einem ganz anderen Theilungsmodus folgen, als es den Kernen des vegetativen Zustandes eigen ist. Die Kerne des Plasmodiums theilen sich nämlich zwar ebenso wie früher simultan, jedoch erfolgt diese Theilung dem gewöhnlichen Typus der mitotischen Kerntheilung der höheren

Pflanzen ganz ähnlich, wie es unsere Abbildung (Fig. 12) zeigt. Besonders schön ist dabei das Stadium der Aequatorialplatte zu beobachten, die entweder in Form eines sehr tief gefärbten Stäbchens (Seitenansicht), oder in Form eines viel blasseren Scheibchens (Polansicht) auftritt. Die achromatische Figur ist auch deutlich genug sichtbar (Fig. 12), in manchen, besonders günstigen Fällen aber waren sogar centrosomenähnliche Körperchen wahrzunehmen. An mehreren Präparaten hatte ich auch die Gelegenheit, sowohl die Spaltung der Aequatorialplatte, wie die Bildung der jungen Tochterkerne zu beobachten. Da aber die Theilungsfiguren hier ausserordentlich klein sind, so hielt ich es für unmöglich, an diesem Objecte ein näheres Studium der Kerntheilung anzustellen.

Es ist anzunehmen, dass die simultane Kerntheilung in dem Plasmodium wiederholt stattfinden muss; denn es lassen sich ausser den dem an der Fig. 12 abgebildeten Plasmodium ähnlichen Fällen auch solche öfters beobachten, wo die Kerne, bezw. Mitosen, viel zahlreicher und von bedeutend kleineren Dimensionen sind. Es wird endlich der Zustand erreicht, wo die unzähligen Kerne in dem Plasmodium zwischen den fast ebenso zahlreichen, kleinen Vacuolen zu liegen kommen, welcher Zustand, wie ich glaube, an der Figur 41 der Arbeit Woronin's dargestellt ist. Darauf folgt der Schlussact des uns beschäftigenden Processes: die kernhaltigen Portionen des Plasmodiums trennen von einander los, und es entsteht eine Unzahl von einkernigen, unregelmässig gestalteten Amöben, wie es unsere Abbildung (Fig. 11 *d*) zeigt, welche, wie ich glaube, der Figur 42 der Woronin'schen Arbeit entspricht. Die Kerne der eben gebildeten Amöben sind ebenso, wie die Amöben selbst, unregelmässig gestaltet; ihr Chromatinsubstanz lagert sich rings um ein centrales, bläschenförmiges Körperchen und bildet mehrere kurze, strahlenförmige Vorsprünge aus (Fig. 11 *d*). Dann runden sich die Amöben ab, indem sie die eben erwähnte Kernstruktur zeitweilig noch behalten (Fig. 11 *e*). Während der bald darauf folgenden Ausscheidung der Sporenmembran tritt aber eine Umgestaltung der Kerne wiederum auf; die Chromatinsubstanz zieht sich merklich zusammen, so dass in den reifenden Sporen die Kerne als winzige Bläschen schliesslich kaum zu unterscheiden sind (Fig. 11 *f*). Freilich wird auch der ganze Sporeninhalt bald nicht mehr kenntlich infolge der Verdichtung der Membran, die sich zunächst intensiv roth, dann aber dunkel violett färbt.

Wie es von Woronin festgestellt wurde, bildet sich keine eigene Hüllmembran oder Peridium rings um die fertige Sporenmasse

aus. Nach meinen eigenen Beobachtungen kann ich diese Angabe nur bestätigen. Ausser dem vielfach erwähnten Protoplasmaschlauche der Nährzelle, lässt sich keine andere differenzirte Schicht an der Peripherie des Plasmodiums nachweisen (Fig. 11 *b*). Die Reste dieses Schlauches kann man während der Sporenbildung noch deutlich erkennen (Fig. 11 *d*). Bei der Sporenreifung verschwinden jedoch auch diese Reste gänzlich, so dass die Sporen augenscheinlich nur vermittelst einer Zwischensubstanz in Form der bekannten Sporenballen (Taf. VI Fig. 48 der Arbeit Woronin's) zusammengehalten werden.

III. Die gegenseitigen Beziehungen zwischen dem Schmarotzer und den Geweben des Wirthes.

Dass die anomale Neubildung der Gewebe in den Kohlwurzeln — die Bildung der Geschwulst — durch das Vorhandensein und die Thätigkeit eines intracellularen Schmarotzers, *Plasmodiophora,* verursacht wird, ist durch die Untersuchung Woronin's genügend aufgeklärt. Ueberdies hat Woronin gezeigt, dass der Schmarotzer einen directen Einfluss auf die inficirten Zellen ausübt, die infolge dessen ein starkes, anomales Wachsthum aufweisen und zahlreiche Krankheitsherde in der Geschwulst bilden; ferner aber, dass das Wachsthum der Geschwulst nicht allein durch Bildung dieser Herde bedingt wird, sondern zum grössten Theil auf die anomale Vermehrung der sämmtlichen Gewebselemente der Wurzel, hauptsächlich des Parenchyms, zurückgeführt werden muss. Diese pilzfreien Elemente, Parenchymzellen, junge Gefässe, stehen also unter einem indirecten Einflusse des Schmarotzers, was namentlich nicht nur in ihrer anomalen Vermehrung, sondern auch in einer atypischen Ausbildung, d. h. anomalen Gestaltung, gekennzeichnet wird. Der Bau der Wurzel wird im Verlaufe des pathologischen Processes in wesentlichen Zügen gestört, wird also ebenfalls atypisch.

Nach dem damaligen Stande der Untersuchungsmethoden konnte Woronin nicht die beiden protoplasmatischen Wesen — den Wirthzell- und den Pilzkörper — mit voller Bestimmtheit von einander unterscheiden. Daher bleibt uns seine schöne Arbeit die Antwort schuldig, auf welche Art und Weise eine inficirte Zelle ihre Lebensthätigkeit, bezw. das Wachsthumsvermögen behält, was allein durch Untersuchung der gegenseitigen Beziehungen zwischen der Wirthzelle und dem Pilze aufgeklärt werden könnte. In dieser Richtung

die Angaben Woronin's zu ergänzen war die Aufgabe dieses Theiles der vorliegenden Arbeit.

Die im ersten Kapitel bereits angedeuteten Thatsachen zeigen mit voller Evidenz, dass eine zeitweilige Symbiose zwischen dem Pilze und der Nährzelle stattfindet. Der Schmarotzer bewohnt namentlich die Vacuolen des intacten Wirthprotoplastes in Form von individualisirten Körpern, Amöben, die sich vermehren, ohne das Protoplasma der Nährzelle zu verdrängen. Die wesentlichen Functionen in dieser letzteren bleiben dabei augenscheinlich ungestört. So ist die stetige Bildung der Stärke in der kranken Zelle mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen, wenigstens ist aber auf die dauernde Fähigkeit solcher Zellen zu schliessen, die Stärke von den benachbarten Zellen aufzunehmen und aufzuspeichern. Alle unsere Abbildungen zeigen namentlich, dass gerade die kranken Zellen immer reicher an Stärke werden. Auch der Zellkern behält eine ganze Zeit lang seine normalen Eigenschaften, was an den in Theilung begriffenen Zellen am besten zu beobachten ist. So zeigt unsere Figur 13 einen Theil einer solchen Zelle, worin in einer mächtigen Protoplasmaanhäufung der Zellkern sich mitotisch theilt; rings um den Zellkern aber sind mehrere Amöben eingenistet, allem Anschein nach, ohne irgend welchen Einfluss auf den Vorgang auszuüben.

Aus dem symbiotischen Verhalten des Pilzes sind aber die wesentlichen Bedingungen des Wachsthums der ganzen Geschwulst leicht erklärlich. Die normal eingeleitete Theilung einer inficirten Zelle wird auf die normale Weise auch vollzogen. Wie es aus der Figur 13 leicht zu ersehen ist, können die Amöben während der Theilung des Protoplastes in die beiden Tochterzellen sicher gelangen. Hier liegt wohl die Ursache, warum die kranken Zellen meistens in einer ansehnlichen Zahl dichte Gruppen oder „Krankheitsherde“ zu bilden pflegen. Sowohl die Lage und verschiedene Dicke der Scheidewände, wie auch die Anordnung der Zellen in solchen Gruppen (Fig. 1 und 2) können ohne Weiteres zeigen, dass diese Gruppen durch die Vermehrung einer einzigen kranken Zelle, d. h. durch wiederholte Theilung derselben und der darin wohnenden Amöben, entstanden sind. Dies macht die Annahme Woronin's über die Wanderung der Amöben von Zelle zu Zelle als eine Erklärung der Krankheitsverbreitung an diesem Entwickelungszustande der Geschwulst ganz entbehrlich. Dass die Nährzelle, wie man sieht, sich gegen den Pilz gewissermassen indifferent verhält, gestattet ferner darauf zu schliessen, dass die Vermehrung der benachbarten pilzfreien Gewebe eher durch den Druck

seitens der allmählich zunehmenden kranken Zellen als durch specifische Ausscheidungen des Pilzes verursacht wird, also rein mechanisch, ähnlich wie die Gallenbildung eingeleitet wird.

Die Menge des Protoplasmas in den inficirten Zellen erweist schon an den ersten Entwickelungsstufen der Krankheit merkliche Zunahme. Dies ist aus dem Vergleich der an der Fig. 1 abgebildeten inficirten und pilzfreien Zellen leicht ersichtlich; während in den letzteren das Protoplasma aus der ziemlich dünnen wandständigen Schicht besteht, die vermittelst einiger dünnen Stränge mit dem Zellkern communicirt, erfüllt das gleichsam schaumig gewordene Protoplasma fast das ganze Lumen der inficirten Zelle. Die Zunahme des protoplasmatischen Inhaltes, wie auch die oben erwähnte Stärkeanhäufung lassen sich als eine Art Hypertrophie der Nährzelle, infolge der Einwirkung des Schmarotzers, deuten. In diesen Verhältnissen wird die fernere Entwickelung des Pilzes consolidirt.

Im Gegentheil kann man eine andere, übrigens bei weitem nicht so auffällige Erscheinung als eine Selbstschutzreaction des Protoplastes deuten, welche den unmittelbaren Einfluss des Pilzes gewissermassen beschränken muss. Dies ist die Ausscheidung eines feinen Protoplasmahäutchens, welches jede Amöbe wie eine zarte Hülle umgibt. Deutlicher sind solche Hüllen um die jüngeren, rundlichen Amöben zu sehen (Fig. 4.) Jedenfalls ist die Ausscheidung derselben mit der Bildung der sog. Vacuolenhäutchen vergleichbar, was mit der oben ausgesprochenen Annahme, dass sich die Amöben von den im Zellsafte gelösten Stoffen allein ernähren, gut verträglich ist.

Die mit der Vermehrung der Amöben Hand in Hand gehende Hypertrophie der Nährzelle und das anomale Wachsthum derselben erreichen schliesslich einen gewissen Punkt, wo die symbiotischen Verhältnisse des Protoplastes und des Pilzes aufhören und die Lebensthätigkeit des ersteren gehemmt wird. Der Pilz kann von nun an nur auf Kosten von in der Zelle bereits vorhandenen Stoffen sich ernähren; und in der That sieht man an den darauf folgenden Stadien die Menge des Protoplasmas der Nährzelle und die Anzahl der Stärkekörner rasch abnehmen. So haben wir das Protoplasma beim Anfang der Sporenbildung auf einen allmählich dünner werdenden Schlauch reducirt gefunden (Fig. 11).

Es mag hier eine interessante Thatsache nicht unerwähnt bleiben, nämlich die häufig zu beobachtende Bildung von zahlreichen, homogenen, feinen, dem Anschein nach aber festen Lamellen im Innern der pilzfreien Hohlräume der kranken Zelle. Diese Lamellen, anfäng-

lich dem Protoplaste offenbar gehörend, repräsentiren vielleicht die Membranen der ehemaligen Vacuolen. Nachdem die Hauptmasse des Protoplasmas verschwunden ist, bleiben die Vacuolenhäute, freilich in einem stark veränderten Zustande, bestehen, indem dieselben den weiten Hohlraum der Zelle in zahlreiche, rundlich-polygonale Kammern theilen (Fig. 3) und ein festes Gerüst im Innern der stark ausgedehnten Zelle bilden. Da sich die erwähnten Lamellen gleich den Cellulosemembranen färben (mit Hämatoxylin blau, mit Orange gelb), so lassen sie sich als ein Produkt einer sehr tiefen Degeneration, bezw. Verdichtung des Protoplasmas deuten.

Die normalen Eigenschaften des Zellkernes bleiben in den erkrankten, sogar in stark hypertrophirten Zellen eine längere Zeit erhalten (Fig. 1, 2 und 5). Dass der Zellkern sich normal, d. h. mitotisch, zu theilen pflegt, wurde schon oben hervorgehoben. Als die ersten Anzeichen der Degeneration sind zunächst eine bedeutende Vergrösserung des Nucellus, alsdann das Auftreten zahlreicher, „erythrophiler“ Körnchen in der Kernhöhle zu beobachten (Fig. 8). Wann eigentlich der Zellkern die normale Theilungsfähigkeit einbüsst, konnte ich nicht näher bestimmen. In den stark hypertrophirten Zellen findet man gewöhnlich auch den Zellkern stark vergrössert, doch immer inhaltsärmer geworden; die Chromatinsubstanz scheint dabei gänzlich verloren zu gehen (Fig. 3). Schliesslich sieht der degenerirte Zellkern aus, wie ein leerer zusammengefallener Schlauch, in dessen Falten ein bis mehrere Nucleolen, meistens aber auch viele kleinere, erythrophile Körnchen zu finden sind.

Im Laufe der Degeneration wechselt der Zellkern seine Gestalt sehr mannigfach; mitunter bildet er sehr lange Auswüchse oder wird sogar in mehreren Stellen zusammengeschnürt. Trotzdem erinnern diese Erscheinungen nicht im Mindesten an die bekannten Zufälle der directen, amitotischen Kerntheilung. Thatsächlich ist mir auch unter sehr vielen untersuchten, nicht selten riesenhaften Zellen kein einziges Mal eine zweikernige Zelle vorgekommen.

Auf Grund alles Mitgetheilten lassen sich die Angaben Woronin's über die Entwickelung von *Plasmodiophora* folgendermassen ergänzen.

1. Die abgeschlossenen Gruppen der kranken Parenchymzellen, die Krankheitsherde der Wurzelanschwellung, entstehen durch wiederholte Theilung der primär inficirten Zellen.

2. Im Laufe des Wachsens der Geschwulst kommen in den kranken

Zellen zahlreiche, mehrkernige Amöben vor, die sich stetig vermehren, ohne zu einem Plasmodium zu verschmelzen.

3. In diesem Zustande zeichnen sich die Amöben von *Plasmodiophora* durch den Bau, besonders aber durch eigenartigen Theilungsmodus ihrer Kerne aus.

4. Der Ernährungsmodus der Amöben scheint von dem bei den Schleimpilzen zu beobachtenden verschieden zu sein.

5. Dem Zusammenschmelzen der Amöben zu einem Plasmodium gehen charakteristische Veränderungen des Baues ihrer Körper und ihrer Kerne voraus.

6. Die Bildung des Plasmodiums erfolgt erst nach der vollständigen Erschöpfung der Nährzelle.

7. Im fertigen Plasmodium wird die Sporenbildung durch wiederholte Kerntheilung eingeleitet; die Kerne theilen sich dabei typisch mitotisch.

8. Im Laufe der ersten Periode seiner Entwickelung (der vegetative Zustand) tödtet der Schmarotzer die Nährzelle nicht, indem er nur die Hypertrophie derselben verursacht.

Anhang.

Ueber die Kerntheilung bei den vegetativen Amöben von *Plasmodiophora*.

Dieser Vorgang schien mir der aparten Behandlung nicht unwerth, da er sehr complicirt ist und viel Eigenartiges bietet.

Wie oben erwähnt, erscheint der ruhende Kern der vegetativen Amöbe in Gestalt eines mit einer deutlichen Membran versehenen Bläschens. Im Innern derselben lässt sich das schwammartige, sehr schwach tingirbare Chromatingerüst kaum unterscheiden; dagegen fällt ein rundliches Binnenkörperchen, der Nucleolus, nach seiner starken Tinctionsfähigkeit sofort ins Auge (Fig. 15).

Der erste Anfang der Kerntheilung ist äusserst selten zu beobachten. Die Fig. 14 stellt eben dieses augenscheinlich bald vorübergehende Stadium dar, wo anstatt des schwammartigen Chromatingerüstes deutlich differencirte Chromatinkörner auftreten. Dieselben stehen offenbar in keinem genetischen Verhältnisse mit dem Nucleolus, der in vollkommen unverändertem Zustande noch verbleibt. Wie es die Abbildung zeigt, steht mit dieser Umwandlung des Kerninneren auch eine Veränderung im Bau des Protoplasmas im Zusammenhange; namentlich wird dabei das Protoplasma unregelmässig grobwabig,

gleichsam schaumig. Das folgende Stadium, das sich im Gegentheil sehr oft beobachten lässt, besteht darin, dass neben dem Nucleolus eine Platte erscheint, die augenscheinlich aus den dicht aneinander gelagerten Chromatinkörnern entstanden ist (Fig. 16, der Kern links). In dem etwas angeschwollenen Kerne ist dabei eine Art einseitig ausgebildeter „achromatischer Figur“ zu beobachten und zwar ein Kegel, der mit seiner Basis auf der Chromatinplatte ruht, während seine Spitze die Kernmembran etwas nach aussen vorwölbt. Die ganze Figur hat eine auffallende Aehnlichkeit mit einer Wagschale und kommt fast ebenso oft vor, wie die andere, auf derselben Fig. 16 (der Kern rechts) abgebildete, einem zweifarbigen Kreuze ähnliche Figur. Diese beiden Zustände des sich theilenden Kernes sind durch den dritten Zustand, der wiederum ausserordentlich selten zu treffen ist, verbunden. Die Fig. 17 *a* stellt dieses seltene Stadium dar, wo man den Nucleolus in Form eines kurzen Stiftchens durch die Chromatinplatte durchdringen sieht. Darauf stellt sich der längliche Nucleolus gegen die Chromatinplatte vollkommen symmetrisch ein, indem er sich beiderends abrundet. Auch wird dabei die achromatische Figur ergänzt, indem dieselbe die Gestalt einer kurzen Spindel annimmt (cf. Fig. 17 *a* und 17 *c* der Kern rechts).

Die Fig. 16 (rechts), 17*c* (links), *d* und *e* zeigen die eintretende eigentliche Theilung des Kernes, die durch die Quertheilung des Nucleolus eingeleitet wird; zunächst wird der letztere hantelförmig (Fig. 16), dann theilt er sich ganz gleichmässig in zwei rundliche Körperchen, die an den beiden Seiten der Chromatinplatten zu liegen kommen. Somit wird die Chromatinplatte zur Aequatorialplatte der von nun an vollkommen symmetrisch ausgebildeten, bipolaren Theilungsfigur. Die Aequatorialplatte bietet ein homogenes Scheibchen, an dessen Peripherie die Chromatinkörner eingebettet sind (Fig. 17 *d*, zwei Kerne unten in Polansicht). Bei der abwechselnden Einstellung des Mikroskopes kann man die erwähnte Struktur der Aequatorialplatte auch an den Seitenansichten der betreffenden Korntheilungsstadien gut kennen lernen. So stellen die Abbildungen 17 *e* und *f* die optische Medianschnittansicht, bezw. die Seitenansicht des Kernes bei der Einstellung auf den oberen Rand der Aequatorialplatte dar.

Vor den beiden Tochternucleolen lässt sich in dem eben dargestellten Zustande des Kernes noch je ein Gebilde constant feststellen. Dies sind zwei helle, vollkommen unfärbbare Bläschen, die während der Ausbildung der achromatischen Spindel aufeinander auftreten (cf. *a* und *d* Fig. 17). Die beiden Bläschen nehmen ihre definitive Lage

fast an den Polen der Spindel ein und sehen wie winzige Vacuolen aus (Fig. 16 rechts, 17 *c* links).

Die Spaltung der Aequatorialplatte selbst ist äusserst selten zu beobachten. Ich habe die Erscheinung nur an wenigen, leider nicht genügend fixirten Stellen der Präparate kennen gelernt; sie scheint mit einer gar nicht zu erwartenden Erscheinung verbunden zu sein, namentlich mit einer Verschmelzung der beiden eben gebildeten Tochternucleolen, die wiederum ein einheitliches Ganzes in Form eines kurzen Stäbchens bilden, wie es die Fig. 17 *b* zeigt. Auf den Figuren 9 und 18 *a* findet man die darauffolgenden Stadien, wo die Spaltungsprodukte der Aequatorialplatte bereits ziemlich weit aus einander gerückt sind. Dies geschieht, wie ich annehme, nachdem sich der Nucleolus zum zweiten Mal getheilt hat; die Tochternucleolen erscheinen nun von den etwas dichter gewordenen Chromatinplatten theilweise maskirt, gleichsam verdeckt, indem ihre etwas ausgezogenen Spitzen allein nach innen hinausragen (Fig. 18 *a*). Man bemerkt dabei, dass die Nucleolen diesmal in einer deutlichen Verbindung durch eine unfärbbare Substanz mit einander bleiben, was an den vorgeschrittenen Theilungsstadien noch deutlicher hervortritt (Fig. 18 *b, c, d*), wo man meistens zwei feine Verbindungsfäden zwischen den beiden Nucleolen wahrnimmt. Auf diesen Stadien sind die Chromatinplatten sehr weit aus einander gerückt, dabei nimmt ihre Substanz deutlich ab, so dass die Nucleolen wiederum die auffälligsten Elemente der Theilungsfigur bieten.

Im Laufe dieser Vorgänge bleibt auch die chromatische Spindel nicht ohne Veränderung. Die winzigen Vacuolen an den beiden Polen derselben verschwinden, indem die achromatische Substanz allmählich aus einander weicht. Es bildet sich im Innern des Kernes um die sich theilenden chromatischen Kernelemente eine Art secundärer Kernmembran oder Hülle (Fig. 17 *e*), während die primäre Kernmembran bald unkenntlich, gleichsam aufgelöst wird (Fig. 18 *a*).

Es lässt sich oft bald nach der Spaltung der Aequatorialplatte eine leichte Krümmung der Spindel bereits beobachten (Fig. 18 *a*, der Kern rechts); während der vorgeschrittenen Theilung wird aber die Spindel mehr und mehr ausgesprochen ungleichseitig (Fig. 18 *b, c, d*). Nachdem die Tochterkerne bereits gebildet sind, bleiben sie eine Zeit lang durch die Membran der Spindel verbunden, die jetzt sehr stark umgebogen, sogar eingeknickt wird (Fig. 18 *e,f*). Darauf treten die Tochterkerne aus einander, indem das dieselben umhüllende Häutchen stark ausgedehnt wird. Die Kerne erweisen sich daher bis an die

folgende Theilung durch deutliche Reste dieses Häutchens gleichsam wie durch Ranken paarweise verbunden, was sich an den jüngeren Amöben besonders leicht beobachten lässt (Fig. 15).

In den erwachsenen Amöben findet man zahlreiche, meistens bedeutend kleinere Kerne, als in den jüngeren. Infolge dessen wird die Beobachtung der Theilungsvorgänge in diesem Falle sehr erschwert. So zeigt uns die Fig. 10 eine Amöbe (links) mit zahlreichen verschieden orientirten Kernen, die sehr mannigfach gestaltete Theilungsfiguren repräsentiren; die letzteren lassen sich jedoch nicht ohne Weiteres auf das oben besprochene Schema der Theilung zurückführen.

Nach den mitgetheilten Thatsachen bietet der Theilungsmodus des Kernes bei den vegetativen Amöben von *Plasmodiophora* eine stark abweichende Art der indirecten Kerntheilung. Im vorangehenden Kapitel haben wir dagegen gesehen, dass die Kerntheilung in dem sporenbildenden Plasmodium der typischen Karyokinese gleicht. Diese Beschaffenheit des Kernes, im Laufe der Entwickelung des Organismus eine wesentliche innere Umwandlung zu erfahren und infolge dessen unter zwei weit von einander verschiedenen Formen aufzutreten, bezw. sich nach zwei verschiedenen Modi zu theilen, lässt sich als Dimorphismus des Kernes bezeichnen.

Erklärung der Abbildungen.

Die Figuren 1—4, 11 und 12 sind bei der Vergrösserung 600:1, die Figur 13 ungefähr 1000:1, die Figuren 5—10, 14 und 15 ungefähr 1900:1 und die Figuren 16—18 bei der Vergrösserung 2500:1 entworfen. Ueberall, wenn nicht anders angegeben, wurden die Präparate nach Flemming's Dreifärbungsmethode behandelt. Die von Osmiumsäure herstammende schwarze Färbung wurde in allen Präparaten, ausser den auf den Figuren 1 und 2 abgebildeten, durch Behandlung mit Wasserstoffhyperoxyd entfernt.

Fig. 1. Drei jüngere inficirte Zellen, die einen kleinen Krankheitsherd zwischen den pilzfreien Zellen (oben links und unten) bilden.

Fig. 2. Ein grösserer Krankheitsherd, dessen sämmtliche Zellen offenbar durch Vermehrung einer einzigen Zelle entstanden sind.

Fig. 3. Inhalt einer stark ausgewachsenen kranken Zelle; das Protoplasma und der Kern sind stark verändert; zahlreiche Stärkekörner (blau gefärbt) vertheilen sich zwischen den tiefviolett gefärbten Amöben. Färbung mit Safranin und Hämatoxylin.

Fig. 4. Reiche Protoplasmaansammlung in einer stark hypertrophirten Zelle. Die Amöben liegen gleichsam wie in den grösseren Vacuolen des Protoplasmas. Die Stärkekörner sind rosenroth gefärbt. Färbung mit Safranin, Differenzirung und Nachfärbung mit Picro-Indigo-Carmin.

Fig. 5. Zwei sehr junge, inficirte Zellen aus dem inneren Parenchym der Wurzel.

Fig. 6 u. 7. Junge Amöben in dem protoplasmatischen Wandbelege der Nährzelle.

Fig. 8. Inhalt einer kranken Zelle. Vier ausgewachsene, deutlich abgeschiedene Amöben und zahlreiche Stärkekörner liegen um den ziemlich veränderten Kern; in einer Amöbe sieht man den Kern in der am häufigsten vorkommenden Theilungsstadie.

Fig. 9. Drei Amöben im protoplasmatischen Inhalte der Nährzelle; die Amöbe, deren Kerne sich theilen, weist die veränderte, netzartige Protoplasmastruktur auf.

Fig. 10. Einige Amöben aus einer stark hypertrophirten Zelle. Die zahlreichen, winzigen Kerne der grösseren Amöbe sind in Theilung begriffen.

Fig. 11. Einige Parenchymzellen aus der Wurzelanschwellung. Der Pilz befindet sich in verschiedenen Zuständen der Sporenbildung (*e, d* und *f*); *a* stellt die abgerundeten Amöben vor der Bildung des Plasmodiums, *b* und *e* verschiedene Zustände des fertigen Plasmodiums dar.

Fig. 12. Die simultane Kerntheilung in einem Plasmodium.

Fig. 13. Theil einer inficirten Zelle; im Innern der Protoplasmaansammlung theilt sich der Zellkern mitotisch in Gegenwart mehrerer ihn umgebender Amöben.

Fig. 14. Zwei durch die Wirthprotoplasmahäute deutlich abgeschiedene Amöben, deren eine in Vorbereitung zur Kerntheilung begriffen (Bildung der Chromatinkörner).

Fig. 15. Vegetative Amöbe mit vier ruhenden Kernen.

Fig. 16. Ein Theil einer vegetativen Amöbe. Die beiden Kerne befinden sich in zwei am häufigsten vorkommenden Prophasen der Theilung; der Kern links nach der Bildung der Chromatinplatte, rechts mit der ausgebildeten achromatischen Spindel nach der Spaltung des Nucleolus.

Fig. 17 *a—f*. Die aufeinanderfolgenden Stadien der Kerntheilung vor der Spaltung der Chromatinplatte (*b*).

Fig. 18 *a—f*. Desgleichen nach der Spaltung der Chromatinplatte.

Ueber Geisseln, Reservestoffe, Kerne und Sporenbildung der Bacterien.

Von

Arthur Meyer.

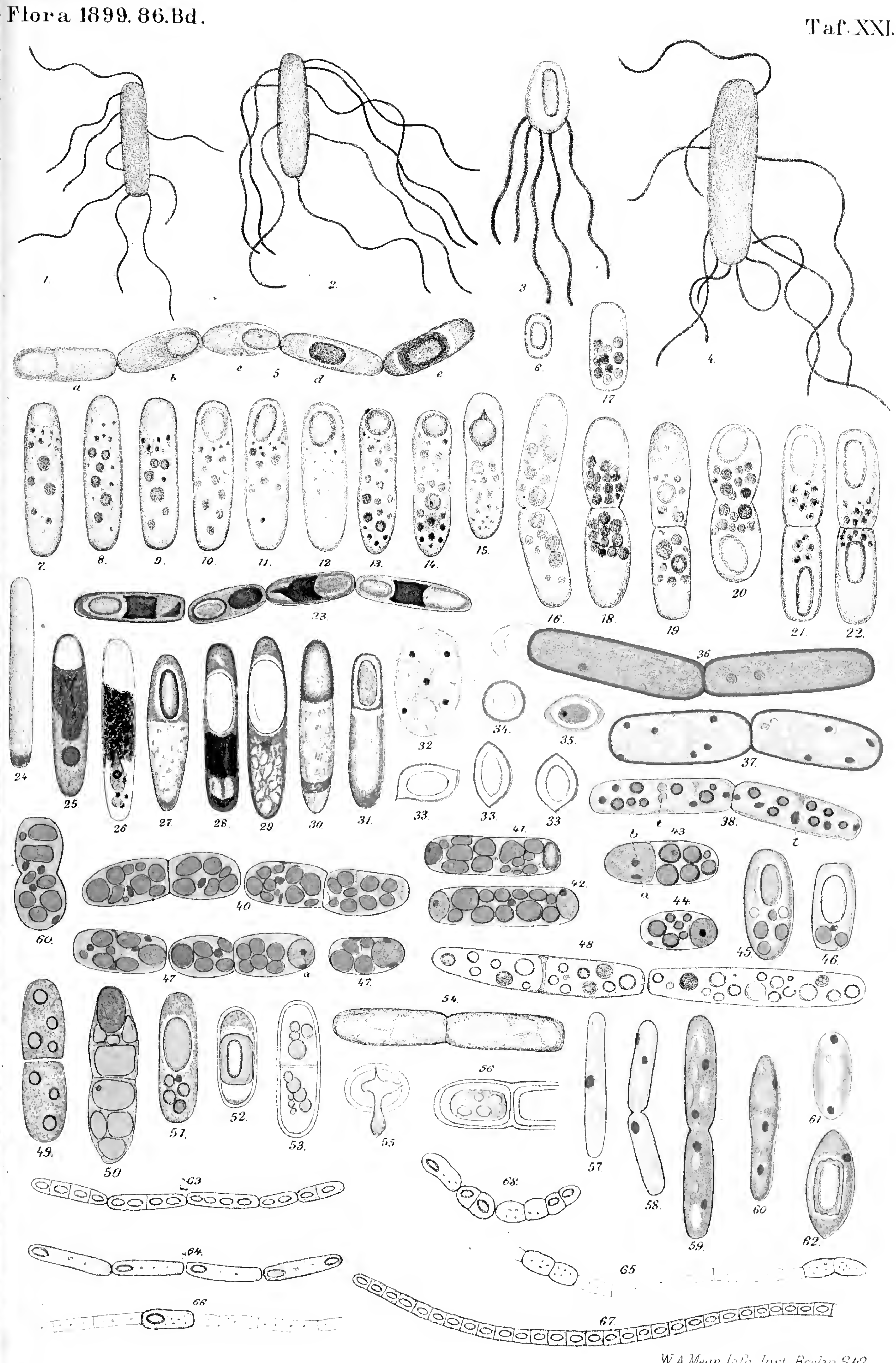
(Hierzu Tafel XXI.)

Die Geisseln von Bacillus asterosporus.

Wie Migula (1898) nachwies, besitzt „Astasia asterospora" peritriche Begeisselung. Dass ich Unrichtiges bezüglich der Geisseln dieser Species behauptet habe, hat seinen Grund in einer Reihe von ungünstigen Zufälligkeiten. Mein damaliger Assistent hatte gerade Geisselpräparate für die Sammlung des Institutes zu fertigen, und da er sehr zahlreiche Geisselfärbungen gemacht hatte, so übernahm er die Herstellung einer grösseren Reihe von Geisselpräparaten von Astasia. Da die Präparate alle gleichartig ausfielen, und auch ein Präparat, welches ich zur Controlle nach Löffler's Methode gefärbt hatte, zufällig nichts anderes zeigte, so hatte ich keinen Grund, an der normalen Beschaffenheit der Präparate zu zweifeln.

Die Geisseln von Astasia lassen sich mit der Tanninmethode gut, besser aber noch nach Löffler's Methode färben. Ich wende bei Geisselfärbungen mit Vortheil das Eintrocknenlassen und Fixiren bei 40—45° an, bei Astasia vier Minuten langes Beizen mit Löffler's Tinte und Färbung mit Fuchsin, oder auch mit der von mir schon lange Zeit im Institut benutzten, vortrefflich wirkenden Lösung von 1 g Säureviolett 6 B (Grübler) in 75 ccm Alkohol und 75 ccm Wasser.

Die geringen Kenntnisse, welche wir über die Entwickelungsgeschichte der Geisseln besitzen, veranlasste mich, nochmals mein Augenmerk auf diese Frage zu richten. Leider ist die Methode der Vergleichung zahlreicher gefärbter Geisselpräparate, auf denen sich immer nur wenige ganz intakte und dabei gut gelagerte, also einwandfreie Exemplare des gefärbten Spaltpilzes finden, ein recht unsicheres Mittel zur Ergründung der Entwickelungsgeschichte der Geisseln. Die einzigen, auch auf diese Methode gegründeten brauchbaren Angaben über eine peritriche Spaltpilzform macht Fischer (1895, S. 103). Was zuerst die Frage nach der Entwickelung der Geisseln bei der Sporenkeimung anbelangt, so fand Fischer bei B. subtilis, dass die zuerst in Reagensgläsern mit Heuinfus, welche



W A Meyn, Lith. Inst., Berlin S.42.

mit Sporenmaterial beschickt waren, auftretenden Stäbchen nicht schwärmten, und dass sich an ihnen keine Geisseln durch die Färbung nachweisen liessen. Ungefähr 3¼ Stunden nach dem Eintritte der Keimung konnte Fischer die ersten Geisseln nachweisen. Die letzteren waren gegenüber denen älterer Culturen sehr zart und relativ kurz, aber anscheinend sehr zahlreich (Taf. II Fig. 3). Nach weiteren 2¼ Stunden fand er die Geisseln, wie er sagt (S. 108), schon so lang und so dick als sie nach weiteren 16 Stunden waren. Auf Taf. III Fig. 1 bildet Fischer jedoch noch bedeutend längere und dickere Geisseln ab. Er spricht sich nicht genau darüber aus, wie er seine Beobachtungen auffasst. Ueber die verschiedene Dicke der Geisseln sagt er Folgendes: „Im vorigen Kapitel wurde darauf hingewiesen, dass in älteren Culturen die Geisseln empfindlicher werden und während der Präparation leichter verquellen, leichter sich ablösen. So wird sich wohl auch die verschiedene Dicke der Geisseln 6½—7½ Stunden nach der Sporenaussaat erklären.“ Mir scheint diese Erklärung nicht ganz zuzutreffen; denn nach der Abbildung der Geisseln ist doch die Längendifferenz zwischen den Geisseln jüngerer und älterer Culturen recht erheblich.

Auch bei B. asterosporus habe ich eine ganz ähnliche Beobachtung gemacht, wie sie hier für B. subtilis vorliegt. Es wurden abgekochte Sporen von B. asterosporus in grosser Menge auf Agar ausgesät, und wurde nach 9—10 Stunden, als die ersten Schwärmoidien auftraten, die Geisselfärbung vorgenommen. So stellte sich heraus, dass in allen Fällen die Geisseln der ersten Oidien relativ zart und kurz waren gegenüber denen älterer Culturen, deren Schwärmoidien sich schon oft getheilt hatten, also z. B. gegenüber den Schwärmoidien 20 Stunden alter Agarculturen. In Fig. 1 Taf. XXI (9 Stunden) und Fig. 2 (20 Stunden) sind zwei Präparate bei gleicher Vergrösserung dargestellt. Der ganze Eindruck der Farbe und Dichtigkeit war derart, dass ich nicht glaube, dass die verschiedene Dicke allein durch das verschiedene Quellungsvermögen hervorgerufen worden war; keinesfalls konnten die Längsunterschiede davon herrühren.

Ich halte es danach für wahrscheinlich, dass die ersten Nachkömmlinge der aus der Spore auskriechenden Schwärmoidien relativ kurze und dünne Geisseln bilden, dass die späteren Theilprodukte jedoch mehr und mehr dickere und längere Geisseln entwickeln. Wie Fischer bei B. subtilis, habe ich mich bei B. asterosporus und tumescens vergeblich bemüht, etwas Sicheres über die Neubildung von Geisseln an den in Theilung begriffenen Schwärmern zu sehen.

Bei den zahlreichen Geisselfärbungen, welche in meinem Institute ausgeführt wurden, habe i ch auch die Angaben Migula's im Auge behalten, dass man an manc hen Geisselpräparaten deutlich erkennen könne, dass die Geisseln aus der Kapsel, der Gallerthülle, eines Spaltpilzes entspringen. Seite 57 e rklärt sich Migula über diesen Punkt genauer und bildet in Fig. 1 Taf. II Geisselfärbungen von Bacillus subtilis ab, welche die Erscheinung illustriren. Auf S. 117 spricht er nochmals mit Sicherheit aus, dass di e Geisseln der Bacterien nicht von dem in der Membran liegenden Prot oplasten, sondern von der Membran aus ihren Ursprung nehmen, meint a llerdings (S. 127), dass die Membran eine ganz eigenartige Beschaffenh eit besässe. Da die von mir untersuchten Bacillus-Arten alle eine gut ausg ebildete Membran besitzen, welche gegenüber den Pilzmembranen bish r keine Besonderheit gezeigt haben, da ferner alles das, was wir ü ber Schwärmzellen der Pilze, Algen und Infusorien etc. wissen (s iehe hierzu Toenniges, Sitzungsberichte der Gesellschaft zur Beförde rung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg 1898, S. 128), dafür spricht, dass die Geisseln die Membranen stets durchbrechen, so ersch eint die Ansicht Migula's von vorne herein recht wenig wahrscheinlic h. Es ist nun ferner nicht schwierig, Präparate zu erhalten, wie sie Mig ula für Bacillus subtilis abgebildet hat, und zu erkennen, dass diese d urch Verquellung und Verschmelzung der basalen Theile der Geisseln zu Stande kommen. Ich habe die Erscheinung besonders schön in al len Stadien bei Präparaten von Bacillus Zopfii beobachten können. Ein Exemplar mit einer solchen „Schleimhülle" habe ich in Fig. 3 Taf. X XI dargestellt. Auch Präparate von Bacillus cohaerens A. Meyer u. Go tt-heil (die Species soll später genau beschrieben werden), einer For n, welche einen sehr reichen, zarten und empfindlichen Geisselbeha g besitzt, zeigten die Erscheinung in allen Stadien der Ausbildung.

Ich möchte hier zuletzt noch einige Worte über die Geissel von B. tumescens Zopf sagen, über welchen Spaltpilz ich weiter unte noch mehr zu berichten habe. Wie schon Alfred Koch, vo welchem das zu meiner Untersuchung benutzte Material stammt, i seiner für die damalige Zeit vortrefflichen Untersuchung (1888, S. 314 angibt, bilden sich in der Hängetropfencultur manchmal Schwärmoidien welche sich fortschreitend bewegen. In Reagensglasculturen au Dextrose enthaltendem Nähragar, welche bei 28⁰ gehalten wurden, und bei denen ich von drei Minuten auf 100⁰ erhitztem Sporenmaterial ausging, fand ich lebhaft schwärmende Kolonien nach 10 bis 16 Stunden in der Nähe des Niveaus des Kondenswassers. Die

kaum sichtbaren Kolonien wurden mit einer Nadel abgehoben und in etwas Kondenswasser untersucht. Die sich mit mittlerer Schnelligkeit bewegenden Schwärmoidien bestehen aus relativ langen Zellen. Einzellige zweilange Oidien sind häufig, doch kommen nicht selten auch Schwärmoidien vor, welche aus zwei noch zusammenhängenden zweizelligen Stäbchen bestehen oder solche, die in der Entwickelung zu dieser Form begriffen sind (Fig. 48). Sehr eigenartig ist es, dass ich in Culturen, die in der feuchten Kammer auf Agar ausgeführt wurden und bei 28° 18 Stunden gestanden hatten, sehr lebhaft schwärmende Sporangien beobachten konnte.

Bei der Geisselfärbung stellte es sich heraus, dass der Spaltpilz an einem einzelligen, zweilangen Schwärmoidium ungefähr 8 bis 30 Geisseln trägt. Ein Schwärmoidium mit wenig Geisseln ist in Fig. 4 dargestellt.

Das als Reservestoff auftretende Fett der Bacterien, besonders das von Bacillus tumescens.

Körnchen und Tröpfchen, die in dem Protoplasten lebender Bacterien erkannt werden können, sind in der Litteratur oft erwähnt, aber, wenn wir von den Schwefelkörnchen absehen, ihrer Natur nach nicht untersucht worden. Wenn Fischer (1897*b*, S. 14) sagt: „Einlagerungen anderer Stoffe sind bis jetzt nicht beobachtet, abgesehen von glänzenden Fetttröpfchen, die zuweilen, besonders in alten Culturen, auftreten", so kann dort mit „Fetttröpfchen" nichts weiter gemeint sein als „stark lichtbrechende, rundliche Gebilde", denn über die chemische Natur dieser Körper war bisher nichts bekannt. Migula (1897, S. 89) sagt darüber: „Was nun die Körnchen anbetrifft, die man so häufig im Zellinhalte alter Bacterien antrifft, wenn die Culturen ein gewisses Alter erreicht haben, so dürfte nur so viel mit Sicherheit feststehen, dass sie aus einem Eiweisskörper bestehen, der in vieler Hinsicht dem Chromatin nahe steht." Und ferner schreibt er S. 90: „Ueber die Bedeutung der Körnchen lassen sich nur subjective Vermuthungen hegen; ich möchte sie als die ersten Anfänge einer Zellkernbildung betrachten."

Ich kann jetzt mit Sicherheit aussprechen, dass es sich in den meisten Fällen des Auftretens zahlreicher Körnchen im Bacteriencytoplasma um Tröpfchen von Fetten handelt, und dass die „Vacuolen", welche bei angetrockneten und gefärbten Bacterien erkannt werden können, häufig „Fettvacuolen" sind. Ich habe die Fettnatur der Tröpfchen oder Körnchen für B. tumescens sicher gestellt und mit

Methylenblausudan auch für B. graveolens A. Meyer u. Gottheil, für B. ruminatus A. Meyer u. Gottheil und für B. mycoides, von welchen Species Herr Gottheil später eine genaue Beschreibung geben soll, sowie für einige andere Species ihre Fettnatur nachgewiesen. Bei B. asterosporus konnte ich kein Fett finden, habe jedoch den Spaltpilz nicht in variirte Culturverhältnisse gebracht. Die Körnchen, welche Migula in B. oxalaticus Zopf fand, werden vielleicht auch Fett sein, jedenfalls würde Migula gut thun, zur Klärung der Frage die Species noch einmal mit meiner Methode zu prüfen.

In den Zellen von B. tumescens sieht man, wie ich weiter unten genau beschreiben werde, in den verschiedenen Entwickelungszuständen des Pilzes, vorzüglich kurz vor der Sporenbildung, mehr oder weniger zahlreiche Tröpfchen oder Körnchen, wie sie in Fig. 48 Taf. XXI bei mittlerer, in den Fig. 16—22 bei tiefer Einstellung dargestellt sind. Da es mir darauf ankam, diese Tröpfchen von den Zellkernen sicher unterscheiden zu lernen, habe ich zuerst das Verhalten derselben gegen Farbstoffe und einige andere färbende Agentien geprüft. Die starke Contraction, welche die Bacterienzellen durch Alkohol erleiden, und das theilweise Undeutlichwerden der Protoplastenstruktur, welche selbst bei mit Formaldehyd gut fixirten Bacterien eintritt, wenn man sie langsam auf dem Objectträger antrocknen lässt, liessen mich von einer Färbung und Untersuchung trockenen Materials und Alkoholmaterials völlig absehen. Ich habe vielmehr versucht, Methoden zu finden, durch welche die Bestandteile der Bacterienprotoplasten gut fixirt und gut gefärbt werden könnten, ohne dass durch Schrumpfung eine Verkleinerung der an sich schon an der Grenze des mit den besten Linsen Erkennbaren stehenden Strukturen einträte.

Als Fixirungsmittel hat sich mir der Formaldehyd am besten bewährt. Ich verwende Formal des Handels (eine 40proc. Lösung von Formaldehyd). Die Farbstoffe wende ich in relativ grosser Verdünnung an und lasse sie mehr oder weniger lange auf das fixirte Material einwirken.

Die Frage, ob ein Farbstoff die Tröpfchen färbt oder nicht, ist oft recht schwierig zu entscheiden, da die Tröpfchen bei hoher Einstellung stark glänzen, bei tiefer, als relativ stark lichtbrechende Körper, selbstverständlich dunkel gefärbt erscheinen. Man muss die Blende weit öffnen, bei mittlerer Einstellung beobachten und sich hüten, das Durchschimmern einer Farbe des gefärbten Cytoplasmas für eine Färbung der Tröpfchen anzusehen. Auch muss man sehr sorgfältig die Concentration der Farbstofflösungen abstimmen, denn

färben diese das Cytoplasma zu stark, so werden die Färbungen der Tröpfchen leicht verdeckt, färben sie das Cytoplasma zu wenig, so täuscht man sich leicht bei tiefer Einstellung über die Färbung der Tröpfchen.

Die mit einer Reihe von Färbemitteln angestellten Versuche zeigten zuerst, dass die Tröpfchen sich gegen solche Farbstoffe, welche Kerne und Cytoplasma intensiv zu färben vermögen, ähnlich verhalten wie diese Organe der Protoplasten. In den Vordergrund sind in dieser Beziehung Pikrocarmin (nach Mayer) und Boraxcarmin zu stellen. Beide Farbstoffe färben die Tröpfchen deutlich roth; sie färben aber auch, wie ich fand, fette Oele. Ebenso färbt Jodjodkalium die Tröpfchen, wie Cytoplasma und Kerne, braun und zwar bei vorsichtigem Zusatze von Jodjodkalium früher als das Cytoplasma. Uebrigens fixirt Jod zugleich, doch recht unvollkommen, so dass die Tröpfchen bald unregelmässig werden.

Einige andere Farbstoffe, welche Cytoplasma und Kerne färben, lassen dagegen die Tröpfchen völlig ungefärbt. Dahin gehört zuerst das reine Methylenblau. Zur Herstellung der von mir benutzten Methylenblaulösung wird 1 Vol. einer gesättigten Lösung des Farbstoffes in 95proc. Alkohol mit 40 Vol. destillirtem Wasser gemischt. Mit dieser Lösung färben sich die Tropfen fixirter und lebender Bacterienzellen nicht, die Membranen kaum, wohl aber das Cytoplasma, so dass die farblosen Tröpfchen scharf hervortreten. Lässt man die fixirten Bacterien mit der Farbstofflösung bei gewöhnlicher Temperatur auf dem Objectträger eintrocknen, und bringt man dann etwas Canadabalsam und ein Deckglas auf, so kann man die Tropfen als helle Stellen, „Vacuolen", in den angetrockneten Bacterien erkennen. Aehnliches wie Methylenblau leistet reines Methylviolett. Auch die zur Kernfärbung von mir benutzte Formolfuchsinlösung verhält sich so, färbt jedoch die Membran oft zu intensiv. Methylgrün (cryst. I bläul. Friedr. Bayer) färbt die Tröpfchen eine Spur, das Cytoplasma viel weniger als Methylenblau, auch Safranin (extra G. Aktg. f. Anilf. Berlin) verhält sich ähnlich wie Methylgrün, färbt jedoch das Cytoplasma stärker als letzteres.

Einige Farbstoffe, welche man in der Technik zur Färbung von Fetten benutzt hat, färben die Tröpfchen von B. tumescens sehr intensiv. In erster Linie ist hier das Dimethylamidoazobenzol (wir wollen den Farbstoff der Kürze wegen in dieser Arbeit als „Gelb" bezeichnen) zu nennen, welches in einer Lösung von 0,4 g auf 100 g 95proc. Alkohol benutzt wird. Man mischt einen Tropfen dieser

Lösung mit einem Tropfen Wasser und fügt eine Oese voll des Gemisches sofort zu den in einem Tropfen Wasser vertheilten, lebenden Bacterien oder zu fixirtem Materiale. Man kann auch eine Spur der spirituösen Lösung direct zu den im Wasser liegenden Bacterien bringen. Die Lösung färbt das Cytoplasma nicht; die Tröpfchen werden intensiv gelb gefärbt. Zweitens ist Sudan III (von Grübler u. Co., Leipzig; Amidoazobenzolazo-β-naphtol) in einer Lösung von 0,1 in 20ccm 95proc. Alkohol in gleicher Weise zu verwenden. Es färbt Cytoplasma kaum, die Tröpfchen stark roth. Alkanninlösung (Alkannawurzelrinde 1 Th. mit 5 Th. 50proc. Alkohol ausgezogen und mit einer Spur Essigsäure angesäuert) färbt die Tröpfchen ebenfalls sehr gut, scheidet aber beim Färben störende Tröpfchen aus, während die Ausscheidung der beiden vorhergenannten Farbstoffe krystallinisch ist. Cyanin färbt das Cytoplasma zu stark.

Andere Farbstoffe, welche ich bezüglich ihrer Wirkung auf B. tumescens untersuchte, dringen entweder nicht oder schwierig (bei meiner Methode) in die Stäbchen ein, so z. B. Sprittblau, oder färben Fett und Plasma kaum (so z. B. Eosin, Säurefuchsin, Coccin) oder alles gleichmässig schwach, wie z. B. Neutralroth. Délafield'sches Hämatoxylin färbt die relativ dicke Bacteriemembran sehr intensiv und dringt sehr schwierig ein.

Die Methylenblausudanmethode und die Methylenblaugelbmethode zur Nachweisung der Fette. Da das Methylenblau den Protoplasten intensiv, das Fett nicht färbt, Sudan sich aber umgekehrt verhält, so eignen sich die beiden Farbstoffe zusammen sehr gut zur Nachweisung des Bacterienfettes. Die Doppelfärbung macht zugleich noch manche andere Verhältnisse deutlich sichtbar. Man bringt zur Ausführung der Methylenblausudanfärbung ein Tröpfchen Formal auf den Objectträger, setzt eine Oese voll des Bacterienmaterials hinzu, vermischt sorgfältig und lässt das Formal fünf Minuten einwirken. Hierauf fügt man einen Tropfen der Methylenblaulösung hinzu, rührt um und lässt 10 Minuten stehen; dann setzt man eine Oese voll einer frisch bereiteten Mischung von einem Tropfen Sudanlösung und einem Tropfen Wasser hinzu. Es färbt sich jetzt das Cytoplasma, ev. auch der Zellkern blau, das Fett roth. Im Uebrigen beobachtet man bei B. tumescens oft eine schwache Rothfärbung der Membran und in fettfreien Zellen oft etwas heller erscheinende, ungefärbte Zellsaftvacuolen. Da sich die Sporenmembran auch hellroth färbt, könnten ungeübte Beobachter die gefärbten Sporen ev. mit Fetttropfen verwechseln. Statt Sudan kann man Gelb anwenden.

Fixirt man nicht, und wendet man statt der Sudanlösung die Gelblösung als Zusatz zu einer mit etwas Wasser verdünnten, lebenden Bacterienmasse an, so erhält man meist vorzügliche Bilder, da die Färbung des Cytoplasmas durch Gelb ganz unterbleibt. Auch hierbei färben sich die Membranen der reifen Sporen etwas durch den Fettfarbstoff.

Ebenso wie das Verhalten der Tröpfchen gegen Fette färbende Farbstoffe die Vermuthung nahe legt, dass die Tröpfchen Fett seien, spricht auch das Verhalten der Tröpfchen gegen Eisessig und Kalilauge für diese Ansicht.

Eisessig löst die Tröpfchen, wie er manche Fette auch löst. Legt man tröpfchenhaltige Oidien direct in Eisessig, so verschwinden die Tröpfchen, und das Cytoplasma wird vacuolig-schaumig (Fig. 54 Taf. XXI). Härtet man die tröpfchenhaltigen Stäbchen mit Formol, färbt mit Alkannin das Fett und fügt dann Eisessig hinzu, so verschwinden die Tröpfchen völlig, und es liegen im röthlich gefärbten Cytoplasma rundliche Vacuolen. Wenn man etwas von der Kolonie des Bacillus mit wenig Eisessig 4 Stunden liegen lässt, dann mit Wasser verdünnt, mit Ammoniak neutralisirt und mit Methylenblau färbt, so überzeugt man sich mit Sicherheit, dass alle Tröpfchen gelöst sind, dafür aber Vacuolen vorhanden sind. Es stimmt diese Erfahrung mit der Thatsache, dass Eisessig das aus den Bacterien hergestellte Fett löst.

Mit Alkohol und Chloroform kann man leider an die Fetttropfen nicht gelangen, da absoluter Alkohol, Chloroform und viele andere Lösungsmittel der Fette von der Membran des B. tumescens nicht hindurch gelassen werden, was mit der schleimigen Beschaffenheit der äusseren Lamellen der dicken Zellmembran zusammenhängen mag. Streicht man frisches Bacterienmaterial dünn auf ein Deckglas, wirft man dieses, so lange die Bacterien noch feucht sind, in absoluten Alkohol und lässt man es 24 Stunden darin liegen, so findet man dann das Fett noch in den Bacterien, ebenso, wenn man das aus dem Alkohol genommene Deckglas 24 Stunden in siedendem Chloroform erhitzt, dann wieder in Alkohol, schliesslich in Wasser bringt. Die Tropfen sind dann nur zu unregelmässigen Massen zusammengeflossen.

Um einen weiteren Aufschluss über die Natur der Tröpfchensubstanz zu erhalten, wurden grössere Mengen (1 g Trockensubstanz) von Bacterien zur rechten Zeit, d. h. in fettreichem Zustande, gesammelt, erst feucht mit Quarzsand einen Tag zerrieben, dann getrocknet und nochmals mit Quarzsand einen Tag lang im Mörser

zerrieben, um die Bacterienleiber zu öffnen, schliesslich im Extractionsapparat mit Aether erschöpft. Das gelbliche, fettartige Extract wurde mit kaltem Petroleumbenzin behandelt. Es blieb ein weicher, wachsartig riechender, gelblicher Rückstand, welcher etwas weniger als die Hälfte des Extractes betrug und in Chloroform löslich war. Die Benzinlösung hinterliess nach dem Verdampfen einen weichen, durchscheinenden Rückstand, welcher auf Papier einen Fettflecken gab. Die ungefähr vier Tropfen des Fettes wurden mit 20 Tropfen Alkohol und 10 Tropfen 20proc. Kalilauge am Rückflusskühler erhitzt. Nach etwa einer Stunde war die Verseifung vollendet, so dass sich, nach dem Verdampfen des Alkohols, die Flüssigkeit bei Zusatz von 5 ccm Wasser kaum trübte. Die Seifenlösung schäumte stark beim Schütteln. Nach Zusatz von Schwefelsäure schieden sich relativ reichliche Mengen von Fettsäuren aus. Nach dem Abfiltriren, Lösen in Aether und Verdampfen des Aethers blieb die Fettsäure als schwach gelbliche, ölige Masse zurück, in welcher sich reichlich Drusen doppelbrechender Krystalle ausgeschieden hatten. Es wurde auch der Versuch gemacht, Glycerin in der von den Fettsäuren abfiltrirten Flüssigkeit nachzuweisen. Das Filtrat wurde mit etwas Magnesiumcarbonat eingedampft, der Rückstand mit Aetheralkohol ausgezogen, der Auszug filtrirt und im Reagensglase verdampft. Es blieb eine Spur einer farblosen Flüssigkeit im Reagensglase zurück, die höchstens zu einer Reaction auf Glycerin ausreichen konnte. Da ein Vorversuch gezeigt hatte, dass man mittelst der Glycereïnreaction das aus zwei Tropfen Olivenöl hergestellte Glycerin erkennen konnte, wurde letztere Reaction angewandt. Es wurde zu den Spuren des Rückstandes eine gleiche Menge Phenol und eine gleiche Menge conc. Schwefelsäure hinzugemischt, dann wurde das Gemisch im Paraffinbade auf 120° erhitzt. Nach dem Erkalten der Schmelze wurde etwas Wasser und sehr wenig Ammoniak hinzugegeben. Statt der erwarteten röthlichen Färbung erhielt ich eine gelbliche, die wohl von Verunreinigungen herrührte, und welche die rothe Farbe sicher verdecken musste, wenn sie auch entstanden wäre. Wenn nun auch die Glycerinreaction nicht gelang, so war das Verhalten des mit Petroleumbenzin ausgezogenen Körpers doch im Allgemeinen ein solches, dass man denselben als Fett (vielleicht gemischt mit Lecithin?) ansprechen darf.

Wenn nun die Tröpfchen ein Fett sind, so war anzunehmen, dass sie die Rolle eines Reservestoffes spielen, und in der That sprechen für diese Annahme die folgenden Thatsachen. Bringt man die Bacterien in gute Ernährungsbedingungen, so speichern sie nach

der Keimung mehr und mehr Fett auf und verbrauchen es bei der Sporenbildung meist vollständig. Wenn man dextrosehaltigen Nähragar mit abgebrühtem Sporenmaterial impft und die Entwickelung der Sporen bei 28° vor sich gehen lässt, so findet man nach neun Stunden Zellfäden aus mehr oder weniger zahlreichen Stäbchen bestehend, deren Protoplast sich mit Methylenblausudan nur blau färbt und nur einige Zellsaftvacuolen, als etwas hellere Stellen, erkennen lässt. Aber schon nach 12 Stunden sieht man in vielen Schwärmoidien des Kondenswassers einzelne oder auch schon zahlreiche Tröpfchen, ähnlich wie es in Fig. 49 Taf. XXI dargestellt ist. Untersucht man ruhende Oidien von den oberen, trockenen Stellen derselben Cultur, so sieht man schon eine sehr reichliche Speicherung des Fettes, so dass bei schwächerer Vergrösserung einzelne Tropfen kaum mehr erkannt werden können, man aber bei genauer Betrachtung der gefärbten Bacterien sieht, dass noch relativ breite, blaue Plasmalamellen zwischen den grossen, rothen Fetttropfen liegen. Die Fettspeicherung schreitet fort bis zur Anlage der Sporen im Sporangium, so dass zuletzt die blauen Lamellen gegen das rothe Fett ganz zurücktreten können (Fig. 50 Taf. XXI). Bei der weiteren Ausbildung der Sporen nimmt auch in gut ernährten Sporangien die Menge des Fettes mehr und mehr ab. Bei sehr grossem Reichthum an Fett können bis zur Reife der Sporen noch Reste davon im Cytoplasma liegen bleiben, aber meist ist das Fett schon vor der Sporenreife verbraucht. In Fig. 51 Taf. XXI ist das Fett verschwunden, die Membran der Spore noch nicht völlig fertig gestellt; in Fig. 52 ist die Spore vollendet, das Fett verbraucht, blaues Cytoplasma noch zu erkennen.

Es ist leicht verständlich, dass unter ungünstigen Ernährungsbedingungen die Aufspeicherung des Fettes eine verhältnissmässig wenig ausgiebige ist. Wenn man abgekochtes Sporenmaterial mit einem kleinen Tröpfchen Nährlösung oder Nähragar in die feuchte Kammer bringt und bei 28° zur Entwickelung kommen lässt, so speichern die Bacterien viel weniger, oft sehr geringe Mengen von Fett. Man kann auch die Culturen aushungern, wenn man etwas einer fettreichen Cultur auf nährstofffreies Agarsubstrat bringt und bei 28° stehen lässt; die Stäbchen werden dann fettärmer. Zur Erzeugung des Fettes braucht B. tumescens keine Kohlenhydrate, denn mässige Mengen Fett bildet der Pilz auch, wenn man abgekochtes Sporenmaterial in einer 1proc. Asparaginlösung wachsen lässt. In den Sporen selbst ist keine Spur Fett enthalten, denn man sieht kein Fett aus den Sporen austreten, wenn man Sporen in Methylenblau-

sudan zerquetscht. Der austretende Protoplast der Spore färbt sich dabei rein blau (Fig. 55 Taf. XXI).

Nachdem wir gesehen haben, dass die Bacterien Fett als Reservestoffe speichern, ist es für uns nicht ohne Interesse, dass auch aus den Tuberkelbacterien eine Fettsäuren enthaltende Substanz erhalten wurde. Schon 1891 fand Hammerschlag, dass Tubekelbacterien sehr viel Trockensubstanz an Aether abgeben. Später haben sich Klebs, Unna, de Schweinitz und Dorset, R. Koch, Aronson, Ruppel mit den durch Alkohol und Aether extrahirbaren Substanzen der Tuberkelculturen beschäftigt. de Schweinitz und Dorset (1896) erhielten 37 % „Fett“. In 3,59 des Fettes fanden sie 0,059 flüchtige Fettsäuren; die Hauptmenge der Säuren war fest, und drei constante Fractionen derselben schmolzen bei 43°, 85° und 102° C. Koch (1897) sagt, dass er mittelst Alkohols und mittelst Aethers direct je eine „Fettsäure“ aus den Bacterien ausgezogen habe. Aronson gibt an, dass sein mittelst Aetheralkohols extrahirtes Fett aus 17 % freier Fettsäure und 83 % von Fettsäureestern eines in Wasser unlöslichen Alkohols bestanden habe, welcher von Cholesterin verschieden gewesen sei. Aronson nennt deshalb den Ester ein Wachs.

Zuletzt hat Ruppel (1898) eine kurze Angabe über das „Fett“ des Tuberkelspaltpilzes gemacht. Er sagt: „Nach meinen Beobachtungen sind es drei Kategorien fettähnlicher Substanzen, zu welchen man durch successive Extraction mit kaltem Alkohol, heissem Alkohol und schliesslich mit Aether gelangte. Kalter Alkohol extrahirt etwa 8 % vom Gesammtgewichte der Bacillensubstanz und nimmt während der Extraction eine intensive Rothfärbung an. — Das Alkoholextract zeigt nach dem Verdunsten des Alkols eine schmierige Consistenz und enthält eine nicht unerhebliche Menge freier Fettsäuren. Hat man durch die übliche Methode, d. h. durch Behandlung der schmierigen Masse mit Sodalösung und Aether, die freien Fettsäuren entfernt, so erhält man nach dem Verdunsten des Aethers eine Fettmasse, deren Schmelzpunkt zwischen 55 und 60° liegt. Diese Fettmasse lässt sich leicht verseifen und liefert hierbei neben freien Fettsäuren einen in Aether löslichen Körper, welchen Aronson mit Recht als einen höheren Alkohol bezeichnet hat.

„Heisser Alkohol extrahirt aus den mit Alkohol in der Kälte erschöpften Bacillen weitere Wachsmassen, welche sich beim Erkalten des Lösungsmittels als völlig farblose Körper abscheiden. — Die Masse beginnt sich bei 65° zu verflüssigen, ohne, selbst beim Er-

hitzen auf 200°, ein völlig klares Aussehen zu erlangen. Diese durch heissen Alkohol extrahirten Verbindungen sind nur sehr schwierig zu verseifen, scheinen aber auch aus Fettsäureestern höherer Alkohole zu bestehen.

„Das Aetherextract schliesslich liefert wiederum Substanzen, deren Schmelzpunkt bei 65—70° liegt, und welche beim Erhitzen schon durch den Geruch ihren dem Bienenwachs ähnlichen Charakter zu erkennen geben. Die Menge der durch Aether und Alkohol extrahirten Bestandtheile betrug 8—26 % des Trockengewichts der Bacterien."

Durch die Freundlichkeit des Herrn Dr. Ruppel erhielt ich eine kleine Menge des durch Aether extrahirten, farblosen „Fettes", dessen oberflächliche Prüfung mir zeigen sollte, wie weit es von dem von mir erhaltenen Fette abweiche. Tuberkelbacterienfett löste sich in Chloroform nicht völlig, wahrscheinlich enthielt es noch Reste der zerriebenen Zellleiber, deren Vorhandensein wohl auch die Färbbarkeit verschiedener mikroskopischer Partikelchen mit Farbstoffen und so auch die leichte Färbbarkeit des Fettes theilweise bedingten. Das mit Chloroform gereinigte Fett löste sich etwas trübe in Petroleumbenzin und verhielt sich bei der Verseifung so, wie es nach Aronson's Angaben zu erwarten war. Glycerin konnte ich mit Sicherheit nicht nachweisen, erhielt jedoch anscheinend eine schwache, undeutliche Akroleïnreaction. Herr Dr. Ruppel hatte die Freundlichkeit, 10 g des durch Alkohol und Aether extrahirten Fettes auf Glycerin zu verarbeiten und mit diesem die Glycereïnreaction anzustellen. Dieselbe gelang sehr gut. So ist also Glycerin in dem Bacterienfette nachgewiesen. Nur scheint es mir noch nicht sicher gestellt, dass das Extract frei von freiem Glycerin war, welches immerhin aus dem glycerinhaltigen Nährsubstrate in die Bacterienmasse und so in das Extract gelangen könnte.

Welche Bedeutung diese Fette der Tuberkelbacterien für die Biologie dieser Pflanzen besitzen, und wo sie in der Zelle liegen, ob sie als Reservestoffe in dem Cytoplasma liegen oder ob sie als Excrete ausgeschieden werden oder auch theilweise oder ganz in der Membran sitzen, weiss man bis jetzt nicht.

Nicht alle Bacterien führen Fett als Reservestoffe. Von den Reservestoffen, welche in den Vacuolen der fettfreien Bacterien auftreten, sind bisher nur mit Jod färbbare Kohlehydrate bekannt, über welche ich in dem Folgenden einiges mittheilen will.

Die mit Jod färbbaren Polysaccharide, welche als Reservestoffe in den Bacterienzellen auftreten.

Das biologische Verhalten des Fettes von B. tumescens hat mit dem bekannten Verhalten des sich mit Jod blau färbenden Körpers der Spaltpilze Aehnlichkeit, und schien es mir deshalb von Interesse, dieses Kohlehydrat zu untersuchen und zu besprechen. Als Versuchsobject züchtete ich einen Granulobacter nach der Vorschrift Beijerinck's (1893, S. 10), unter Anwendung von Gerste. Die in dem Butylansatze entwickelten Bacterien hatten einen einheitlichen Charakter; es schien fast eine Reincultur vorzuliegen, als die Gährung sehr lebhaft war. Welche Granulobacterart vorlag, kann ich nicht genau sagen, da alle bisher gegebenen Beschreibungen der Arten viel zu unvollständig sind. Meine Form stimmte jedoch mit der Beschreibung, welche Beijerinck von seinem G. butylicum gibt.

In der Cultur fanden sich schlanke Stäbchen (Fig. 24 Taf. XXI), stärker angeschwollene, aber meist cylindrische oder wenig spindelförmige, sich zur Sporenbildung vorbereitende Stäbchen (Fig. 26 Taf. XXI) oder, selten, cylindrische, meist etwas spindelförmig gestaltete Sporangien mit Sporen (Fig. 27 Taf. XXI). Verdünnte ich etwas von der gährenden Masse im Reagensglase, so fand ich die Sporangien in lebhafter Schwärmbewegung. Die schlanken Stäbchen färbten sich meist mit Jod gelbbraun, nur in seltenen Fällen liessen sich einige kleine, rothbraune Massen in ihnen auffinden (Fig. 24 Taf. XXI). Wenn sich die Sporangien zur Sporenbildung anschicken, so tritt nach der Färbung mit Jod, an der „Spitze“ der Sporangien eine relativ helle, gelbe Stelle hervor, welche sich also gegen Jod so verhält wie die später zu beschreibende fettfreie Stelle der Sporangien von B. tumescens, und sieht man direct unter derselben, sich mehr oder weniger weit nach der Basis zu erstreckend, blaue oder braunrothe Massen liegen, welche also an der Basis des Sporangiums oft deutlich von Cytoplasma rings herum umgeben erscheinen (Fig. 25 u. 26 Taf. XXI), selten scheinbar den ganzen unteren Theil des Sporangiums erfüllen. Die Art der Färbung, welche der Reservestoff annimmt, hängt, wie ich fand, in erster Linie von der Menge des zugeführten Jods ab. Setzt man nur so viel einer sehr verdünnten Jodjodkaliumlösung zu dem Präparate hinzu, dass die Flüssigkeit unter dem Deckglase für das blosse Auge noch farblos erscheint, so findet man die Massen mehr oder weniger dunkel blauviolett gefärbt (Fig. 26 Taf. XXI). Man erkennt dann auch, dass sie nicht homogen sind, sondern aus sehr kleinen, unregelmässigen Massen, „Körnchen“, bestehen, die nur bei

dichter Lagerung den Eindruck der homogenen Masse machen. Sie sind in das Cytoplasma des Sporangiums eingebettet, wie man besonders gut an der Spitze der Sporangien sehen kann, wenn dort noch Cytoplasma frei gelassen ist. Es liegen also hier statt der Fetttropfen körnige Massen des Kohlenhydrates im Cytoplasma. Setzt man so viel Jodjodkaliumlösung zu, dass die Flüssigkeit unter dem Deckglase braun gefärbt erscheint, so nimmt der Reservestoff eine intensiv braunrothe Farbe an, und die ganze Masse erscheint, infolge der höheren Intensität der Färbung und der Aehnlichkeit zwischen der Färbung des Cytoplasmas und des Reservestoffes, homogener. Wenn die Sporen reif sind, ist der Reservestoff meist verschwunden (Fig. 29 Taf. XXI), und dann erscheint das basale, trophische Cytoplasma unregelmässig kleinvacuolig und in der Peripherie meist dichter.

Dass der Reservestoff ein glycogen- oder stärkeähnliches Kohlenhydrat ist, lässt sich durch die folgenden Reactionen beweisen: Erhitzte man eine Kleinigkeit der mit Wasser verdünnten Bacterienmasse, die mit Jod gefärbt war, im Reagensglase, so verschwand die Färbung, nur die Jodfärbung des Wassers blieb übrig. Brachte man die heisse Masse unter das Mikroskop, auf einen warmen Objectträger, so sah man, dass die Sporangien entfärbt waren, aber beim Erkalten die blaue oder rothbraune Farbe wieder annahm. Erhitzte man die Sporangien im Reagensglase mit 5 ccm Wasser und zwei Tropfen conc. Schwefelsäure drei Minuten zum Sieden, so zeigten sie dann mit Jod keine Blau- oder Rothfärbung mehr. An den Stellen, an denen das Kohlenhydrat gelegen hatte, waren die Cytoplasmamassen weniger dicht, und um die Sporenanlagen hatte sich häufig ein heller Hof gebildet. Liess man einen frischen, mit Chloroform oder Toluol versetzten Malzauszug bei 28° 24 Stunden auf die Sporangien einwirken, so war das Kohlenhydrat ebenfalls herausgelöst. Es spricht die Schnelligkeit der Lösung dafür, dass das Kohlenhydrat in einer zähflüssigen Lösung vorliegt. Die Stelle des Protoplasten, in welcher das Kohlenhydrat gelegen hatte, erschien nach der Lösung des letzteren feinvacuolig und feinkörnig. Die feinen Vacuolen waren wohl sicher die leeren Behälter der Kohlenhydratkörnchen (Fig. 27 Taf. XXI). Das Cytoplasma des fertilen Abschnittes des Sporangiums, welches die Spore umgab; erschien dicht und fast völlig homogen (Fig. 27 Taf. XXI). Wie Diastase wirkte auch Speichel bei 28° lösend auf das Kohlenhydrat ein. Der Speichel griff jedoch das Cytoplasma etwas stärker an als die Diastase (Fig. 30 u. 31 Taf. XXI). Wenn die Körnchen mit

Jod gefärbt worden waren, so lösten sie sich nicht in Wasser. Ich sah in einem durch Druck geöffneten Sporangium die gefärbten Körnchen in lebhafter Molekularbewegung, ohne dass sie sich lösten.

Um zu sehen, ob andere Species vielleicht eine reine und auch bei grösserem Jodzusatze bleibende Blaufärbung gäben, wurde ein dem Ansatz mit Gerste gleicher Ansatz mit Reis hergestellt. Als Gährung eintrat, waltete Buttersäure vor und die Sporen der neuen Granulobacterart waren grösser als die der mit Gerste gewonnenen Species. Die neue Species verhielt sich jedoch gegen Jod wie die vorige.

Die Entdeckung, dass sich der Reservestoff der Granulobacter mit wenig Jod blau, mit mehr Jod rothbraun färbt, liess es mir wahrscheinlich erscheinen, dass es auch Spaltpilze gäbe, deren Kohlenhydrat sich mit Jodjodkalium unter allen Umständen rothbraun färbe. Ich fand einen solchen Spaltpilz in B. subtilis. Wenn man Dextroseasparaginnährlösung mit etwas von einer frischen Kahmhaut von B. subtilis impft, so entwickelt sich bei 28^0 bald eine Kahmhaut, welche zuerst dünn, nicht weisslich und nicht zähe, sondern mehr durchscheinend und schleimig fadenziehend ist, eine gesunde, junge Kahmhaut, in welcher die Sporangienbildung in vollem Gange ist, ohne dass schon fertige Sporen und absterbende Stäbchen vorliegen. In den Sporangien dieser Kahmhaut häuften sich nun infolge der guten Ernährungsverhältnisse relativ viel Reservestoffe an. Ohne Reagentien sieht man von den Reservestoffen nichts, auch Safranin sowie Rutheniumroth, welches das Protoplasma und die unbehäuteten Sporen intensiv färbt, üben keinen Einfluss auf den Reservestoff aus. Wenn man aber mit Jod gut gesättigte Jodlösung (1 Jodcalium, 2 Jod, 200 Wasser) zu einem Präparate hinzufügt, so tritt der Reservestoff mit intensiv rothbrauner Farbe hervor und zeigt dann ähnliche Lagerungen wie die in Fig. 23 Taf. XXI dargestellten. Auch mit Jodglycerin (Jodkalium 0,50, Jod 1, Wasser 10, Glycerin 90) tritt die Reaction schön ein.

Der Stoff löst sich nicht, wenn man die Bacterien mit Wasser kocht. Man könnte meinen, es sei dieses ein directer Beweis dafür, dass das Kohlenhydrat kein Glycogen sei, da z. B. Barforth (Vergleichende histochemische Untersuchungen über das Glycogen, Archiv f. mikr. Anatomie 1885 S. 259) angibt, dass das Glycogen der Zellen in allen wasser- und glycerinhaltigen Flüssigkeiten gelöst werde. Das ist richtig, aber aus den Bacterienzellen würde Glycogen dennoch nicht austreten, wenn man sie mit Wasser kochen würde. Ich habe glycogenreiche Schnitte durch die Trüffel in einem mit Baumwolle

verschlossenen Reagensglase lange gekocht und dann 12 Tage stehen gelassen und konnte hierauf noch reichliche Mengen des Kohlenhydrats in allen Zellen finden, weil die Zellmembran den Austritt des Glycogens verhindert.

Setzt man zu den gekochten Bacterien Speichel, so reagiren sie anfangs noch mit Jod, aber nach 12 Stunden ist das Kohlenhydrat gelöst und hinterlässt eine mit Jod farblos bleibende Vacuole im Cytoplasma. Auch durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure lässt sich das Kohlenhydrat leicht lösen.

Fermi (Centralblatt für Bacteriologie 1890 S. 469) hat zwar schon nachgewiesen, dass B. subtilis ein diastatisches Ferment entwickelt. Da aber die Frage nach dem Vorhandensein des letzteren weiteres Interesse durch die Constatirung des Vorkommens eines Polysaccharides gewonnen hat, habe ich doch die Prüfung meines Spaltpilzes auf Diastase vorgenommen. Es stellte sich heraus, dass er ziemlich reichlich stärkespaltendes Enzym producirte.

Nachdem ich im Vorstehenden die von mir angestellten Beobachtungen über die mit Jod färbbaren Polysaccharide mitgetheilt habe, will ich zuletzt das bisher Bekannte und das von mir Gefundene einer allgemeinen Besprechung unterziehen.

* * *

Es ist lange bekannt, dasss es Bacterien gibt, deren Zellinhalt sich mit Jod blau färbt. Trécul (S. 159, 465) entdeckte 1865 diese Blaufärbung zuerst bei seinem Amylobacter. Van Tieghem (1877) beschreibt dann schon sehr gut das Auftreten des „amidon amorphe“ in dem Protoplasma eines Bacillus Amylobacter und den Verbrauch des Stoffes bei der Sporenentwickelung, und schildert die Lagerung und das Verschwinden des sich mit Jod bläuenden Körpers bei der Sporenreife ferner für sein Spirillum amyliferum (1879 b). Wenn wir hinzufügen, dass auch van Tieghem (1879 a pag. 7) schon schildert, wie die Bildung des Amidon nicht nur in stärkehaltigen Lösungen, sondern ebenso gut in Lösungen, welche Zucker, Glycerin, Mannit oder milchsauren Kalk enthalten, vor sich geht, so ist es klar, dass wir seit van Tieghem's Untersuchungen nicht viel Neues in dieser Frage gelernt haben.

In der That entspricht der folgende aus Fischer's (1897 b S. 13) Vorlesungen entnommene Satz, wenn wir von den nachher zu erwähnenden Angaben von Beijerinck (1893) absehen, unseren heutigen Kenntnissen über die sich im Jod blau färbende Verbindung:

„Besondere geformte Zelleinschlüsse fehlen den meisten Bacterien, deren Inhalt mit Jodlösung sich goldgelb färbt, wie alles Protoplasma. Einige Buttersäurebacterien aber, ferner einige die menschliche Mundhöhle bewohnende Arten färben sich mit Jodlösung bläulich bis schwarzviolett, sie geben die sog. Granulosereaction. Der Stoff, der diese Reaction veranlasst, ist noch nicht genau bekannt, er wird als Granulose bezeichnet, weil er sich genau so färbt wie der gleichnamige Bestandtheil der Stärkekörner. Ob er mit ihm chemisch ganz übereinstimmt, ist aus der Jodreaction allein nicht zu entnehmen, ein Kohlenhydrat ist er wahrscheinlich."

Als ein Fortschritt in der Frage ist es zu bezeichnen, dass ich jetzt entdeckt habe, dass mein Granulobacter butylicum einen Reservestoff speichert, welcher sich mit sehr wenig Jod blau, mit mehr Jod rothbraun färbt. Ich füge hinzu, dass sich bei den auch auf ihre Jodreaction von mir geprüften Bacterien des Zahnbelages die blaue Farbe etwas kräftiger zeigte, jedoch bei etwas grösserem Jodzusatze ebenfalls einer dunkelrothbraunen Färbung Platz machte, die allerdings, infolge des grossen Gehaltes des Reservestoffes an sich mit Jod blau färbender Substanz, etwas schmutzig ausfiel.

Ueber das Vorkommen eines mit Jod sich rothbraun färbenden Reservestoffes bei den Bacterien habe ich eine Notiz bei Beijerinck (1893 S. 9) gefunden. Ich weiss nicht, ob sich diese Notiz auf einen Fall bezieht, in welchem in Wirklichkeit eine Mischung der sich blau und der sich roth färbenden Substanz vorlag oder in der That nur ein sich mit Jod roth färbender Reservestoff. Beijerinck sagt: „Im Staube orientalischer Getreide finden sich übrigens sehr merkwürdige, Sporen erzeugende Nebenarten von Granulobacter Polymyxa, eine davon wächst aerobie, bildet sehr zähe Zooglöen und enthält Glycogen anstatt Granulose." Der Ausdruck „Glycogen" kann selbstverständlich hier nur „eine sich mit Jod roth färbende Substanz" bedeuten, da Beijerinck über die chemische Natur der sich mit Jod roth färbenden Substanz keine Untersuchung angestellt hat.

Bei B. subtilis habe ich nun in der That einen Fall aufgefunden, in welchem als Reservestoff ein sich mit Jod unter allen Umständen roth färbender Körper gespeichert wurde.

Nach den mikrochemischen Versuchen, welche ich mit dem Reservestoff von B. subtilis und mit dem Reservestoff von Granulobacter butylicum angestellt habe, und nach den makrochemischen Versuchen, welche Beijerinck mit dem sich durch Jod blau färbenden Reservestoff seines Granulobacter butylicum machte, kann es keinem

Zweifel unterliegen, dass wir es in diesen Reservestoffen mit Kohlenhydraten zu thun haben.

In mikrochemischer Beziehung zeigten uns, wie wir sahen, die Reservestoffe wichtige allgemeine Reactionen der Kohlenhydrate, und besonders auch solche, welche der β-Amylose, dem Amylodextrin und dem Glycogen zukommen. Diese Reservestoffe sind farblos und stark lichtbrechend; sie lassen sich, wohl deshalb, weil sie schwierig diffundiren, mit Wasser nicht aus den todten Bacterien ausziehen, wohl aber durch verdünnte Schwefelsäure, Malzauszug und Speichel völlig auflösen, wobei die Lösung, welche entsteht, keine Reaction mit Jod mehr zeigt. Gegen Jod verhalten sich die Stoffe genau wie β-Amylose oder Amylodextrin, resp. Glycogen.

Zu diesen Thatsachen kommt die wichtige Angabe von Beijerinck ergänzend hinzu. Beijerinck fällte aus einem Liter Würzecultur seines Gr. butylicum mittelst Alkohols die Bacterien, wobei er 7 g lufttrockene Bacterienmasse erhielt, welche er pulverisirte. Er sagt davon (1893 S. 39): „Das Pulver ist reich an Granulose und färbt sich mit Jod violettschwarz. Wird es mit Wasser lange gekocht, so löst sich nur wenig Granulose, jedoch genug, um das Wasser bei Jodzusatz blau zu färben. Bei sehr langem Kochen mit Säuren verschwindet die Granulose und man findet Dextrin und Zucker in der Lösung. Die Umwandlung geschieht aber sehr schwierig. Viel leichter dagegen lässt sich die Granulose durch die verschiedenartigsten Amylasepräparate verzuckern.“ Bei der bekannten Zuverlässigkeit Beijerinck's kann es trotz der etwas kurz gehaltenen Angaben keinem Zweifel unterliegen, dass der bei der Inversion entstandene Zucker von dem Reservestoff der Bacterien herrührte, und so ist also auch sicher, dass bei der Herauslösung des Reservestoffes aus der Zelle durch Säuren Zucker und Dextrin (?) entsteht.

Nach den angeführten Thatsachen müssen wir annehmen, dass von den Bacterien zwei sich mit Jod färbende Kohlenhydrate als Reservestoffe gespeichert werden können: 1. ein sich mit Jod roth färbendes und 2. ein sich mit Jod blau färbendes. Das sich roth färbende fanden wir allein abgelagert bei B. subtilis, während es, mit relativ kleinen Mengen sich blau färbenden Kohlenhydrats gemischt, bei Gr. butylicum vorkam. Die Mischung der beiden Kohlenhydrate verhält sich genau so wie ein Gemisch von viel Amylodextrin mit wenig β-Amylose. Wenn man eine kleine Menge dieses Gemisches mit wenig Jod versetzt, so tritt immer zuerst Blaufärbung ein, die bei Zusatz von mehr Jod einer Rothfärbung Platz macht.

Es ist nun zuerst die Frage aufzuwerfen, ob das sich roth färbende Kohlenhydrat Amylodextrin, Glycogen oder ein anderes Kohlenhydrat ist. Amylodextrin kommt bei den höheren Pflanzen in manchen Stärkekörnern sehr reichlich vor, welche dann aber stets zugleich etwas α- und β-Amylose enthalten. (Siehe Arthur Meyer 1895, S. 80.) Das Glycogen ist im Thierreich allgemein verbreitet und soll nach Kühne's (1868) und Anderer Untersuchung bei Aethalium, vorzüglich nach den eingehenden Studien Errera's (1882 etc.), welche sich zuerst an de Bary's (1863) Forschungen über das Epiplasma der Ascomyceten anschlossen, bei Ascomyceten, Mucorineen und Basidiomyceten sehr verbreitet vorkommen. Wenn die Identität des sich roth färbenden Kohlenhydrats der Pilze mit dem Glycogen der Thiere nachgewiesen wäre, so könnte man es wohl als wahrscheinlich erklären, dass auch die Spaltpilze Glycogen führen, und so fragt es sich wiederum hier, ob der betreffende Körper der Pilze Amylodextrin, Glycogen oder ein anderes Kohlenhydrat sei. Fassen wir diese Frage kritisch ins Auge, so haben wir zuerst die grosse Aehnlichkeit zwischen Amylodextrin und Glycogen zu beachten, die hervortritt, wenn wir die Eigenschaften beider Körper, wie folgt, nebeneinander stellen.

	Thierisches Glycogen.	Amylodextrin.
Aussehen:	Weisses, amorphes Pulver;	weisses Pulver in reinstem Zustande, weisse Krystalle.
Löslichkeit in Wasser:	In warmem Wasser leicht zur opalescirenden Flüssigkeit löslich;	in kaltem Wasser schwer löslich, in heissem Wasser leicht zur klaren Flüssigkeit löslich.
Jodreaction:	Verdünnte Lösungen rothbraun; beim Erhitzen verschwindet die Färbung, um unter passenden Verhältnissen wieder zu erscheinen;	ebenso.
Specifische Drehung $(\alpha)_D$:	+ 192 (n. Clantriau 1895), + 197,9 (nach Fränkel), [$(\alpha)_j$ = + 211 nach Külz, 1881];	+ 193,4 (Meyer 1895, S. 33).
Reductionsfähigk. geg. Fehling's Lösung:	Soll nicht reduciren;	100 Amylodextrin reduciren wie 6,6 wasserfreier Dextrose (Meyer 1895, S. 34), also sehr schwach.

Nimmt man hierzu den Umstand, dass aus beiden Körpern durch Inversion die gleichen Zuckerarten zu entstehen scheinen, so ist es einleuchtend, dass selbst die makrochemische Unterscheidung der beiden Körper nicht leicht ist. Vorzüglich wird die Unterscheidung der Körper dann eine äusserst schwierige, wenn sie beide in unreinem Zustande vorliegen, da Löslichkeit und Fällbarkeit durch Alkohol etc. ungemein durch Verunreinigungen verändert werden können.

Am sorgfältigsten hat wohl nun bisher Clautriau (anscheinend auf Errera's Veranlassung) das Kohlehydrat aus Pilzen herzustellen und zu reinigen versucht, aber auch er hat freilich nicht durch vergleichende fractionirte Fällung die Reinheit seiner Produkte nachgewiesen. Als Eigenschaften des von ihm aus Amanita muscaria dargestellten Kohlenhydrates werden von ihm angegeben, dass es ein weisser, 0,315 % Asche enthaltender Körper sei, welcher sich zur opalisirenden Flüssigkeit löse, deren Opalescenz nach einigen Monaten verschwände; zur Fällung des Körpers wurden mehr als zwei Volumen Alkohol gebraucht; Jod färbte die Lösung braunroth; $(\alpha)_D = 196,2$. Die Lösung des von ihm aus Hefe dargestellten Kohlenhydrates opalisirte schwächer als Leberglycogenlösung (S. 39) und färbte sich mit Jod violettroth; $(\alpha)_D = 184,4$. Ich will übrigens darauf hinweisen, dass Cremer (1894) Unterschiede zwischen dem Leberglycogen und dem Hefeglycogen gefunden haben will.

Von den Angaben Clautriau's würde nur das Opalisiren gegen die Amylodextrinnatur des Kohlenhydrates sprechen, wenn wir annehmen, dass der Körper völlig rein, vorzüglich von β-Amylose frei, gewesen sei. Sehr wichtig wäre eine genaue Untersuchung des Reductionsvermögens des Produktes gewesen, denn der unter Anwendung einer guten Methode geführte Nachweis, dass das Produkt nicht im Geringsten reducire, würde durchaus gegen die Amylodextrinnatur desselben sprechen. Allerdings hat Errera (1882, S. 15) angegeben, dass das Pilzglycogen nicht reducire, aber bei dem geringen Reductionsvermögen des Amylodextrins konnte der genügend exacte Beweis für diese Behauptung mit einer aus drei Fruchtkörpern von Peziza vesiculosa hergestellten Menge unreinen Kohlenhydrates sicher nicht erbracht werden. Wir müssen demnach sagen, dass die Identität zwischen dem sich roth färbenden Kohlenhydrat der Pilze und dem Glycogen der Thiere auf makrochemischem Wege noch nicht sicher erwiesen ist, dass aber das Kohlenhydrat unbedingt dem Glycogen und dem Amylodextrin sehr nahe steht.

Nach dem Gesagten ist es leicht verständlich, dass die bisher benutzten mikrochemischen Methoden eine Bestimmung der specielleren Natur des Kohlenhydrates nicht gestatten. Besonders ist dabei hervorzuheben, dass die leichte Löslichkeit des in den Zellen liegenden Kohlenhydrates in Wasser keinen Unterschied vom Amylodextrin abgeben kann, da ja z. B. das Inulin, welches in reinem Zustande in kaltem Wasser sehr schwer löslich ist, in den Zellen in einer concentrirten, sich mit Wasser mischenden Lösung vorkommt.

So müssen wir auch bezüglich der genauen Feststellung der chemischen Natur des sich mit Jod roth färbenden Kohlenhydrates, welches unbedingt auch dem Glycogen und Amylodextrin sehr nahe steht, auf eine genaue makrochemische Untersuchung des Körpers warten.

Sollte es sich herausstellen, dass dieser Körper Glycogen ist, so dürften wir dann das sich blau färbende Kohlenhydrat nicht als β-Amylose (Granulose) ansprechen, sondern wir müssten annehmen, dass es ein Condensationsprodukt des Glycogens sei, welches sich zum Glycogen verhalten würde wie die β-Amylose zum Amylodextrin.

Von diesem Gesichtspunkte aus ist es interessant, dass auch das thierische „Glycogen" manchmal eine kleine Menge eines sich blau färbenden Stoffes zu enthalten scheint. So z. B. sagt Barfurth (1895, S. 261): „Was nun die Reaction einer Jodlösung auf Glycogen anbetrifft, so besteht sie bekanntlich in einer braunen oder rothbraunen, rostfarbenen, mahagonibraunen, maronenbraunen, zuweilen auch purpurrothen, violetten oder auch bläulichen Färbung."

Auch über das Pilzkohlenhydrat findet man ähnliche Angaben.

Interessant ist es, dass wir bei den mit hohem Condensationsvermögen versehenen Chlorophyllpflanzen als Hauptprodukt die Stärke, als Nebenprodukt das Amylodextrin finden, während bei Thieren, Pilzen und Spaltpilzen der sich mit Jod roth färbende Körper in relativ grösserer Menge als der sich mit Jod blau färbende vorzukommen scheint.

Zum Schlusse möchte ich noch darauf aufmerksam machen, dass wahrscheinlicherweise bei allen denjenigen Spaltpilzen, bei welchen wir die in Rede stehenden Kohlenhydrate finden, auch ein diastaseähnliches Enzym vorkommen wird, welches den Abbau dieser Körper besorgt. In der That ist ja diese Voraussetzung bei B. subtilis erfüllt und aus Gr. butylicum konnte Beijerinck (1893, S. 41) eine Amylase herstellen, welche aus Amylose Amylodextrin zu bilden vermag, Dextrine angreift und wahrscheinlich Maltose aus Amylose bildet.

Fett und die mit Jod färbbaren Kohlenhydrate sind höchst wahrscheinlich nicht die einzigen Reservestoffe, die im Cytoplasma der Spaltpilze abgelagert werden können. Ich mache hier nochmals auf die früher (1897 *b*, S. 206 u. 223) von mir für B. asterosporus angegebene Thatsache aufmerksam, dass der fixirte Vacuoleninhalt sich oft mit Farbstoffen intensiv färbt. Vielleicht werden auch gelöste Eiweissstoffe in diesen Vacuolen gespeichert.

Ueber die Kerne der Bacterien.

Die Untersuchung über die Bacterienkerne habe ich gleich nach Veröffentlichung meiner ersten Abhandlung fortgesetzt und später mehrmals wieder aufgenommen, so oft das Licht [1]) an Tagen, die ich zur wissenschaftlichen Arbeit benutzen konnte, günstig war. Als ich meine erste Mittheilung über Bacillus asterosporus veröffentlichte, war die Untersuchung über B. tumescens schon sehr weit fortgeschritten; es fehlte mir leider nur an Zeit, den Abschluss der Arbeit herbeizuführen. Um Missverständnissen vorzubeugen, mache ich mit Rücksicht auf die jetzt von mir veröffentlichte Kernfärbemethode darauf aufmerksam, dass ich (1897, S. 235) vor Migula (1898, S. 146) verdünnte Methylenblaulösung zur Kernfärbung gebrauchte und zur Untersuchung der nicht angetrockneten Bacterien dieselben mit Formol (1897, S. 197) und Osmiumsäure (S. 199) fixirt habe.

Ich habe auch damals schon für B. tumescens Fuchsin und andere Farbstoffe angewandt, aber erst beim gleichzeitigen Gebrauche von conc. Formol gute Resultate erhalten.

Was Migula's gegen meine Arbeit gerichteten Untersuchungen (1898) betrifft, so besitzen dieselben keine Bedeutung, weil dieser Autor keinen Unterschied unter allen Körnchen aller Bacterien festzustellen verstand und deshalb Beobachtungen, die von ihm an meinen Kernen und an Fetten, vielleicht noch an anderen körnigen Einschlüssen des Bacteriencytoplasmas, gemacht wurden, alle auf meine Kerne übertragen konnte. Er sagt (1898, S. 146): „In dem Verhalten gegenüber Farbstoffen lassen sich also zwischen den „Kernen“ der Astasia und den Körnchen anderer Bacterien Unterschiede nicht erkennen.“ Dass er Fetttropfen und meine Kerne nicht auseinander halten konnte, geht ja auch aus dem schon erwähnten Passus seines Handbuches (1897, S. 89) hervor, und das Zusammenwerfen der Körnchen von

1) Alle künstlichen Lichtquellen sind leider für diese Untersuchungen viel ungeeigneter als von hellen Wolken reflektirtes Licht, da Strahlengang und Farbe des Lichtes bei Benutzung der stärksten Objective eine grosse Rolle spielen.

Astasia mit denen von Bacillus Megaterium de Bary[1]), welcher Massen von Fetttropfen enthält (S. 149), lässt die Konfusion, die Migula anrichtet, klar hervortreten.

Auch eine neue Arbeit, die aus dem Laboratorium in Karlsruhe hervorging und die Migula doch wohl in einigen Fällen controllirt haben wird, darf wohl erwähnt werden. Burchhard (1898) beschreibt, dass die Sporen von Bacterium flexile, turgescens, Bacillus cursor, paucicutis, bipolaris etc. (anscheinend alle fettbildend) durch Zusammenfliessen von stärker lichtbrechenden Körnchen entstehen. Burchhard hat also hier überall junge Sporen und Fetttropfen mit einander verwechselt.

Es ist nach diesen Thatsachen selbstverständlich, dass ich den Beobachtungen, welche Migula auf S. 148 über die Entstehung der Körnchen bei B. asterosporus und seiner Angabe, dass diese Körnchen sich nicht theilten, nicht die geringste Beweiskraft gegen die Kernnatur der von mir für Kerne erklärten Gebilde von B. asterosporus beimessen kann, denn ich selbst habe unter Umständen andere Körnelungen als Kerne, also solche Körner, die den in den jungen Sporen liegenden Kernen völlig gleichen, in dem Cytoplasma des Spaltpilzes gesehen und weiss nicht, was Migula beobachtet hat.

Die Objecte, mit deren Untersuchung Migula seine Beobachtung hätte beginnen müssen, wenn er sich klar darüber werden wollte, was ich als Kern bezeichnet habe, die in ungefärbtem Zustande in lebenden Zellen relativ leicht erkennbaren Kerne junger Sporenanlagen, hat Migula gar nicht in den Bereich seiner Beobachtung gezogen.

Aber selbst wenn ich annehme, Migula habe meine Kerne beobachtet, so sagen seine Beobachtungen gegen die Kernnatur dieser Gebilde nichts aus. Wenn Migula, wie er S. 148 angibt, ein relativ grosses Körnchen übersehen konnte, so hat er auch andere übersehen können und die „Entstehung" dieser Körnchen unter seinen Augen war eben nur das Insaugefallen junger Kerne, die er vorher übersehen hatte. Und wenn Migula diese winzigen Gebilde sich nicht theilen sah, so wäre das ja für diese von ihm in ungefärbtem Zustande in lebenden Zellen beobachteten Gebilde selbstverständlich, sobald sie Zellkerne wären; denn sie müssten dann wohl für unser Auge zeitweise verschwinden, wenn sie in indirecte Kerntheilung

1) Ob meine Cultur mit der von Migula untersuchten identisch war, kann ich allerdings nicht wissen.

eintreten würden. Beobachten würde man die indirecte Theilung mit unseren Instrumenten so nicht können.

Aus der kritischen (?) Besprechung meiner für die Kernnatur der Körnchen in das Feld geführten Gründe durch Migula (S. 143—45) geht hervor, dass Migula die letzteren gar nicht verstanden haben kann. Es erscheint mir diese Thatsache um so eigenthümlicher, als ich in meiner ersten Notiz (1897 a), die Migula wohl kennen musste, da Behrens darüber in der Botanischen Zeitung referirt hat, es dem Leser (auf S. 51 und 52) recht leicht gemacht habe, zu erkennen, welche Gründe mir als die wichtigsten erschienen. Es hat für die Sache keinen Werth, weiter auf die Bemerkungen Migula's einzugehen.

* * *

Rutheninroth färbt die Kerne gut, aber relativ schwach und ist deshalb nur bei körnchenarmen Bacterien zu gebrauchen, für fettreiche Bacterien ist es unvortheilhaft. Liegen fettreiche Bacterien vor, so ist es ferner von Wichtigkeit, dass man zur Kernfärbung einen Farbstoff wählt, der das Vornehmen einer gleichzeitigen Fettfärbung gestattet. Unter den zahlreichen von mir geprüften Farbstoffen hat sich mit Formol versetztes Fuchsin am besten bewährt. Die Kernfärbung mit Formolfuchsin führt man folgendermaassen aus. Man mischt 2 ccm concentrirter alkoholischer Fuchsinlösung mit 10 ccm Alkohol von 95 % und 10 ccm Wasser. Von dieser vorräthig zu haltenden Lösung setzt man 15 Tropfen zu 10 ccm Wasser und benutzt diese verdünnte Lösung zum Färben. Zur Kernfärbung rührt man eine kleine Oese der Cultur in einen Tropfen Formol auf dem Objectträger ein und lässt das Formol 4—5 Minuten auf die Bacterien einwirken. Hierauf setzt man 1—2 Tropfen Fuchsinlösung zu und rührt mit dem Platindraht gut um. Nachdem die Fuchsinlösung 10 Minuten unter mehrmaligem Umrühren eingewirkt hat, untersucht man eine Oese voll des Gemisches unter dem Mikroskope. Treten die Kerne der Bacterien noch nicht hervor, so untersucht man nach je fünf Minuten wieder, bis die Kerne deutlich in der rothvioletten Farbe, welche die Fuchsinlösung beim Vermischen mit Formol annimmt, hervortreten. Das Eindringen der Farbstofflösung geht je nach dem Zustande der Stäbchen verschieden schnell vor sich, wofür die Beschaffenheit der Membran wohl hauptsächlich bestimmend sein wird, die auch insofern von Bedeutung ist, als sich die Membran unter Umständen so intensiv färben kann, dass die Kernfärbung fast verdeckt wird. Bleibt die Färbung einmal aus, so muss man mit

demselben Bacterienmaterial die Färbung nochmals ganz wiederholen, indem man die Menge des Formols und der Fuchsinlösung etwas verändert. Man wird schliesslich stets eine schöne Kernfärbung erhalten und sich so überzeugen, dass nicht das Fehlen der Kerne im Material, sondern das Färbeverfahren die Schuld trägt, wenn Kerne einmal nicht hervortreten. Uebrigens sind die Kerne selbst in den verschiedenen Entwickelungsstadien der Species nicht gleich leicht und gleich intensiv färbbar. Es ist möglich, dass das Auftreten von Kernkörperchen dabei eine Rolle spielt, aber es ist dieses nicht zu entscheiden, da die Kleinheit der Organe die Erforschung feinerer Strukturen derselben nicht zulässt.

Ueberfärbt man die Bacterien nach dem Fixiren etwas mit Fuchsin und differenzirt man dann mit Essigsäure, so treten die Kerne meist sehr deutlich hervor, aber man muss dann mit der Deutung der Bilder etwas vorsichtig sein, da bei Anwendung dieser Methode die durch die Fetttropfen zusammengedrückten Cytoplasmamassen auch relativ dunkel gefärbt werden. Man mischt am besten zu 5 Theilen einer Mischung von Bacterien, Formol und Fuchsinlösung 1 Theil einer Mischung von 1 Theil Eisessig + 1 Theil Wasser und beobachtet sofort.

Will man Kerne und Fetttropfen in den Bacterien zugleich und verschieden färben, so färbt man die Kerne zuerst nach der Formolfuchsinmethode und setzt dann zu 10—20 Theilen des Gemisches von Bacterien, Formol und Fuchsin 1 Theil Dimethylamidoazobenzollösung.

Methylenblau in der von uns benutzten Verdünnung färbt die Kerne ebenfalls sowohl in lebenden als fixirten Stäbchen, aber es ist selten, dass die relative Intensität der Färbung eine derartige wird, dass die Kerne sich von dem Cytoplasma genügend scharf abheben. In den Fig. 50, 51 und 32 Taf. XXI sind mit Methylenblau gefärbte Kerne dargestellt. Die Unsicherheit dieser Methode bedingte es, dass sich bei meinen ersten Versuchen mit dem verdünnten Methylenblau und normalen Stäbchen immer nur ein Kern, wohl ein besonders peripher liegender, färbte, so dass ich anfangs zu der Meinung gelangte, es enthalte jede Zelle nur einen Kern.

Ueber das Aussehen der nach der Formolfuchsinmethode gefärbten Bacterien und ihrer Kerne ist nun im Allgemeinen Folgendes zu bemerken:

Bei B. asterosporus habe ich in der jungen Sporenanlage der lebenden Sporangien den Kern als ein kleines Körnchen von eigenthümlicher Lichtbrechung oft gefunden; ebenso konnte ich unter

Umständen einen Kern in der Sporenanlage lebender Sporangien von B. tumescens erkennen, wenn die Lichtbrechung derselben noch gering war, während in den fettreichen Stäbchen die ungefärbten Kerne selbstverständlich durch die Tröpfchen verdeckt werden. Dieselben Kerne der Sporenanlagen, welche mit Rutheniumroth nur unsicher färbbar sind, lassen sich ziemlich sicher durch Formolfuchsin färben. Trotz der relativ unsicheren Methode, die ich früher benutzte, habe ich bei B. asterosporus im Allgemeinen richtig gesehen, nur habe ich früher in den Sporangien niemals drei Kerne beobachtet, während ich jetzt drei Kerne oft fand. Die Lage der drei Kerne ist oft die in Fig. 60 und 61 Taf. XXI abgebildete. Sind zwei Kerne vorhanden, so liegt einer oft in der Spitze, an der Peripherie der Sporenvacuole; auch wenn ein Kern vorhanden ist, liegt er in der Peripherie der Sporenvacuole.

Die Kerne der von mir genau untersuchten beiden Species sind von annähernd gleicher Grösse. Intensiv gefärbte, runde, also dann wohl ungefähr kugelförmige, hatten meistens den Durchmesser des in Fig. 43 *b* Taf. XXI dargestellten Kernes. Etwas kleinere Kerne fand ich oft, wo zwei derselben dicht neben einander lagen, so dass man sie als eben getheilte Kerne betrachten konnte, und relativ gross fand ich den Kern, wenn er einzeln in einer Zelle oder Sporenanlage vorkam (Fig. 57 Taf. XXI). Vereinzelt konnte ich langgestreckte und eingeschnürte Kerne von schwacher Färbung finden, wie sie in Fig. 38 *d* Taf. XXI dargestellt sind.

Die Sporen von B. tumescens sind mit einer Membran von sehr wechselnder Dicke versehen, welche wie die von B. asterosporus deutlich in Exine und Intine gegliedert ist. Diese Gliederung tritt gut bei Färbung mit Safraninlösung hervor (Fig. 33 Taf. XXI), manchmal auch gut bei der Fuchsinfärbung (Fig. 35 Taf. XXI). Die Sporen sind, wie in allen Fällen bei den Bacillusarten, von etwas wechselnder Grösse und Form. Gut ausgebildete Sporen sind ungefähr ellipsoidisch, im Querschnitte kaum bemerkbar sechseckig, also fast kreisrund, etwas seitlich von ihren Polen mit je einem hauptsächlich von der Exine gebildeten Spitzchen versehen (Fig. 33 u. 35 Taf. XXI). Aehnlich wie die Leisten der Exine von B. asterosporus mehr oder weniger stark ausgebildet sind, wechselt auch die Grösse der Spitzchen sehr, und können die Spitzchen anscheinend einzelnen Sporen ganz fehlen. Sie kommen aber der Mehrzahl aller Sporen jeder Cultur stets zu, sind also ein Charakteristicum der Species. Diese Spitzchen sind keine Keimstellen; die Sporen keimen, wie bekannt, niemals polar.

Im Ruhezustand der Spore verhindert die Membran den Eintritt des Fuchsins zu dem Protoplasten meist ganz, der sich sofort im Formolfuchsin färbt, wenn man die Spore zerquetscht. Wenn die Spore vor der Keimung anschwillt, so wird die Durchlässigkeit der Membran für den Farbstoff grösser, und es färbt sich das Stäbchen. In der ruhenden Spore konnte ich einen Kern mit meiner Methode nicht nachweisen, wohl aber tritt in den angeschwollenen Sporen hie und da ein peripher liegender Kern deutlich hervor (Fig. 35 Taf. XXI).

Die eben aus der Spore herausgeschlüpften Stäbchen lassen bei Färbung mit Formolfuchsin schon eine Membran erkennen; diese Membran, welche noch keine Schleimschicht besitzt, ist noch leicht durchlässig für den Farbstoff, und die Färbung des Protoplasten geht deshalb schnell und intensiv vor sich. Die Kerne sind nur schwierig zur Anschauung zu bringen, da sie sich relativ schwach färben. Wie Fig. 36 Taf. XXI zeigt, finden sich in jungen Stäbchen 1—2 Kerne, die sogar relativ gross sind.

Wenn bei weiterem Wachsthum und weiterer Theilung des Keimstäbchens relativ dicke und lange einzellige Stäbchen entstehen, so findet man mehr Kerne in den Schwärmern, höchstens aber sechs. In Fig. 37 Taf. XXI ist ein gutgefärbter Doppelschwärmer mit je sechs Kernen im Stäbchen abgebildet; unter diesen Kernen ist einer etwas gestreckt.

Tritt in den Schwärmern Fett auf, so ändern sich die Verhältnisse in normalen Kulturen nicht. In Fig. 38 Taf. XXI ist ein Doppelschwärmer abgebildet, dessen Stäbchen in Theilung begriffen sind. Wie es sehr häufig der Fall ist, liegt hier je ein Kern gerade an den Stellen, an welchen sich eine neue Zellwand bilden soll, und die beiden hier abgebildeten Kerne scheinen in Theilung begriffen zu sein.

Wenn sich Ruhestäbchen bilden, die in mehr oder weniger lebhafter Theilung eintreten, so kommt es bezüglich der Zahl der Kerne, die in einer Zelle vorkommen, anscheinend sehr darauf an, wie sich das Wachsthum und die Theilung der Zellen zu einander verhalten. In Fig. 40 Taf. XXI sind einige Ruhestäbchen mit kurzen Zellen dargestellt, welche in schneller Theilung begriffen waren. In den meisten Zellen des Präparates, aus welchen diese Stäbchen stammten, konnte ich nur einen, meist in der Mitte liegenden Kern erkennen, seltener fanden sich zwei Kerne. Im übrigen schwankt die Zahl der Kerne in den Ruhestäbchen zwischen eins und sechs.

Da die normalen Sporangien nur ungefähr die doppelte Sporenlänge besitzen, so findet man in ihnen nur 1—3 Kerne. Der Inhalt

der Sporenvacuole und das diese umgebende Cytosplasma färbt sich relativ intensiv, und so ist das Anwachsen der Sporenvacuole in den gefärbten Präparaten noch besser zu verfolgen als in den ungefärbten. Wie sich die Kerne bei der Sporenbildung verhalten, konnte ich wegen der wechselnden Zahl der Kerne in den Sporangien und wegen der, wie allen, auch unserem Färbeverfahren anhaftenden Unsicherheit noch nicht abschliessend entscheiden. Färbt man eine Oese voll Material aus einer Kolonie, so kommt es immer vor, dass eine kleine Reihe von Sporangien des in Fig. 43 Taf. XXI dargestellten Entwickelungsstadiums keine Kerne erkennen lässt, während die Mehrzahl sich verhält wie Fig. 43 und 44 Taf. XXI. Im allgemeinen findet man in Stadien, wie sie in Fig. 41 Taf. XXI dargestellt sind, schon an den Polen des Stäbchens, ganz peripher einen Kern oder zwei Kerne, von denen der eine (Fig. 43 *a* Taf. XXI) oft in der Sporenvacuole liegt, während sich der andere (*b*) so am Rande hält, dass man annehmen muss, er liege noch im wandständigen Cytoplasma des Sporangiums. In manchen Sporenanlagen findet sich ein relativ grosser, intensiv gefärbter Kern (Fig. 44 Taf. XXI).

Da in den Sporangien oft 2—3 Kerne vorkommen, man aber niemals mehr als einen Kern in den reifen Sporangien neben der Spore findet, da ich ferner oft einen Kern neben der einen Kern führenden Sporenvacuole sah, so ist die Frage zu stellen, ob nicht Kernverschmelzung stattfinde.

In 14 Tage alten, kaltstehenden Culturen, in denen die Zellen von B. tumescens anschwellen, die kurzen, dicken Stäbchen sich unregelmässig theilen, findet man ebenfalls bis zu sechs Kerne (Fig. 32 Taf. XXI), manchmal von etwas verschiedener Grösse, und in Fäden, welche zehnmal länger als die normalen Stäbchen und halb so dick waren, ohne septirt zu sein, sah ich bis zwanzig Kerne in regelmässigen Abständen. Diese unseptirten Fäden, welche dem schon von mir früher (1897) für B. asterosporus in Fig. 29 Taf. VI abgebildeten Faden entsprechen, fand ich in ganz alten Kulturen.

Nachdem ich nun die von mir als Kerne bezeichneten Gebilde der Bacterien nochmals angesehen habe, möchte ich mit Hinweis auf das früher von mir (1897 *b*, S. 227) Gesagte, nochmals kurz auseinandersetzen, welche Gründe mir dafür zu sprechen scheinen, dass diese „Kerne“, den Zellkernen anderer Organismen homologe Gebilde sind.

Für mich können, wenn ich die Frage stelle, welcher Werth diesen Gebilden zukommt, zuerst nur zwei Möglichkeiten in Betracht

kommen. Sie können entweder ergastische Gebilde (siehe Arthur Meyer 1898, S. 18) oder protoplasmatische Organe sein. Ergastische Gebilde, welche in dem activen Cytoplasma oder in den Chromatophoren entstehen, also z. B. Stärkekörner, Fetttropfen, Oxalatkrystalle, besitzen nur selten in einer Zelle unter sich so gleiche Grösse, wie sie unsere „Kerne“ zeigen; sie zeigen wohl niemals in verschiedenen Zellen und noch weniger in den Zellen verschiedener Species eine so grosse Uebereinstimmung in ihrer Grösse wie die „Kerne“. Dazu muss ich bemerken, dass ich noch einige andere Bacterienspecies, unter anderen auch Bacillus Megatherium de Bary (?) untersucht habe und auch dort die „Kerne“ von annähernd gleicher Grösse fand wie bei B. asterosporus und tumescens. Ergastische Gebilde sind ferner wohl niemals in so constanter Zahl in Zellen bestimmter Grösse vorhanden. Dafür, dass die „Kerne“ nicht zu der biologischen Gruppe der ergastischen Gebilde gehören, welche wir als Reservestoffe bezeichnen, spricht ihr Auftreten vor der Fettbildung in den Sporen und Keimstäbchen und ihr Erhaltenbleiben nach der Sporenbildung in den Sporangien. Wären sie Reservestoffe, so würden sie bei der Sporenbildung doch wohl ebenso verbraucht werden wie das Fett, und wären sie Reserveeiweiss, so würden sie wohl noch vor der Membranbildung der Spore verbraucht werden.

Es ist also wahrscheinlich, dass diese „Kerne“ ein protoplasmatisches Organ der Bacterienzelle sind. Wenn dieses feststeht, so ist das Naheliegendste, dass wir sie als Zellkerne betrachten. Es spricht für ihre Kernnatur zuerst ihr Verhalten bei der Sporenbildung. Wie wir das von den meisten Sporen her kennen, tritt auch bei den Bacterien in jede Spore ein „Kern“ ein. Beim Auswachsen der Keimstäbchen nimmt die Zahl der Kerne in einer Zelle zu; dass die Zahl der „Kerne“ dabei innerhalb bestimmter Grenzen wechselt, ist eine bei vielen Pilzen vorkommende Erscheinung. Der Kürze wegen verweise ich auf Zimmermann's Zusammenstellung (1896, S. 116) und erwähne daraus als Beispiele Aspergillus glaucus mit 3—30 Kernen, Helvella ephippium mit bis zu zehn Kernen, Collema und Peltigera mit 2—3 Kernen, Erysiphe communis mit einem Kerne in jeder Zelle.

Mit der Zellkernnatur stimmen ferner die vorkommenden Gestalten der Kerne, auch die der anscheinenden Theilungsstadien, dann die Grössenverhältnisse der Gebilde und ebenso die etwas variable Art der Färbbarkeit der Kerne in den verschiedenen Entwickelungsstadien der Species. Das Verhalten der „Kerne“ zu den Farbstoffen spricht nicht gegen die Annahme, dass sie Zellkerne seien.

Wenn nun auch mit alledem kein absoluter Beweis dafür erbracht ist, dass diese „Kerne“ normale Zellkerne sind, so ist doch die Wahrscheinlichkeit für diese Annahme eine sehr grosse. Sollten sie keine Zellkerne sein, so müssten sie neue Organe der Zellen sein, welche die grösste Aufmerksamkeit verdienen würden.

Gründlich räumt wohl der Hinweis darauf, dass der Bacterienprotoplast Fetttropfen und glycogenähnliche Substanzen in Masse in sich ausbildet, mit der Meinung Bütschli's von der Kernnatur der Hauptmasse des ganzen Spaltpilzprotoplasten (siehe dazu meine frühere Abhandlung 1897 *b*, S. 225) auf; denn selbst Bütschli, der noch meinen könnte, die Vacuolen seien ein Ausdruck seiner Schaumstruktur des Protoplasten, wird wohl zugeben, dass Fett bildende Zellkerne und Glycogen führende Zellkerne etwas ganz neues im Organismenreiche wären.

Ich habe früher (1897 *b*, S. 231) eine kurze Besprechung der Litteratur über die Sporenbildung gegeben und schliesslich dort bemerkt, dass ich den Schluss wagen dürfe, dass bei den Bateriaceen die Entwickelungsgeschichten der Sporen im Sporangium in allen Fällen der Entwickelungsgeschichte der Sporen von B. asterosporus und tumescens und so auch im allgemeinen der Sporenentwickelung der Ascomyceten gleiche. Es sind nun Angaben von tüchtigen Forschern gerade über B. subtilis gemacht worden, welche vorläufig noch gegen die Allgemeingültigkeit meiner Behauptung ins Feld geführt werden könnten, bei deren Beurtheilung man allerdings berücksichtigen muss, dass die den Angaben zu Grunde liegenden Beobachtungen, der betreffenden Zeit entsprechend, theilweise mit noch wenig leistungsfähigen Instrumenten ausgeführt werden mussten. Die Beschreibung, welche die verschiedenen Autoren von der Sporenentwickelung bei B. subtilis geben, sind sehr verschiedenartig. Brefeld spricht sich vorsichtig aus, indem er sagt (1881, S. 40): „Sobald die Sporenbildung in den Stäbchen anhebt, zeigt sich an einer Stelle, welche meistens der Mitte zu gelegen ist, ein dunkler Schatten, welcher um so deutlicher hervortritt, als die umliegenden Partieen gleichzeitig heller werden. Es hat den Anschein, als ob die Substanzmasse des Stäbchens sich an einer Stelle sammele.“ de Bary (1884, S. 505) bemerkt, dass die Sporenbildung von B. subtilis der von B. Anthracis „durchaus ähnlich“ sei und verweist bei letzterem Spaltpilze auf B. Megaterium, wo er (1884, S. 502) sagt, dass der erste Anfang der Sporenbildung ein kleines Körnchen sei, welches sich mehr und mehr vergrössere und schliesslich zur Spore heranwachse. Alfred Fischer

(1897 *b*, S. 19) bemerkt ebenfalls, dass die Sporen des Heupilzes in gleicher Weise entständen wie die des Milzbrandspaltpilzes. Von den Sporen der B. Anthracis berichtet er Folgendes: „Ihre Entwickelung würde beim Milzbrandbacillus damit beginnen, dass der Inhalt eines Stäbchens zu einem ellipsoidischen Körper sich zusammenzieht, der zunächst noch keine eigentliche Haut hat und von der sonst leeren Stäbchenhaut umschlossen wird. Später schrumpft der junge Sporenkörper noch etwas mehr zusammen, er wird dichter und lichtbrechender als er früher war, als er noch als Protoplast das ganze Stäbchen erfüllte. Jetzt scheidet die junge Spore eine eigene Haut aus". Noch anders lautet die Beschreibung, welche Migula und sein Schüler Burchhard über die Sporenentwickelung machen. Ueber ältere, gleichlautende Angaben von Zopf (1885, S. 82) habe ich schon früher (1897 *b*, S. 235) gesprochen. Migula sagt (1898, S. 149): „Einen ganz ähnlichen Vorgang beobachtete man bei der Sporenbildung der meisten Bacterien. Auch hier fliessen die an und für sich schon grösseren Körnchen sehr häufig zu einem grösseren, der Sporeninitiale, zusammen." Burchhard rechnet auch B. subtilis zu diesen „meisten Bacterien" indem er bemerkt (1898, S. 53): „Die Sporenbildung wurde meist durch Körnchenbildung und späteres Zusammenfliessen, wie bei B. subtilis, eingeleitet."

Nach dem Mitgetheilten hat die von mir ausgeführte erneute Untersuchung der Sporenentwickelung von B. subtilis für die Beurtheilung meines anfangs mitgetheilten Ausspruches Bedeutung. Zur Untersuchung habe ich zwei aus verschiedenen Heusorten, zu verschiedenen Zeiten gewonnene Reinkulturen als Ausgangsmaterial benutzt, welche genau die von Alfred Fischer (1895) beschriebenen Eigenschaften besassen. Ich untersuchte zuerst die junge Kahmhaut zahlreicher auf Asparagindextrosenährlösung bei 28° gewachsener, sehr gesunder Culturen, sowie einige in gesunder Entwickelung und Sporenbildung begriffene Culturen auf Traubenzuckernähragar. Die Sporangien junger Kahmhäute hängen meist weniger fest zusammen, und ihre länglichen Sporangien sind an den Enden meist mehr abgerundet als die älterer Kahmhäute, welche die bekannten Zellfäden kurz cylinderischer Sporangien mit meist mittelständiger Spore oft entwickeln. Die Beobachtung der zahlreichen Culturen lehrte zuerst, dass in gesunden Culturen den jüngsten und den ältesten Sporangien ein körniges Aussehen vollkommen fehlt. Es waren weder Körnchen zu sehen, welche zusammenfliessen konnten, noch solche, welche als Sporeninitiale gedeutet werden konnten. In alten Kahmhäuten fanden

sich allerdings hie und da absterbende Zellen, in denen das Plasma bis auf einige glänzende Körnchen zerfallen war, aber diese Vorkommnisse konnten bei Benutzung der Zeiss'schen Linsen (Apochromat 2,0 mm, Ap. 1,4; Comp.-Ocular 12 und 18) nicht zu Verwechselungen führen. Die wichtigste Entwickelungsgeschichte der Sporangien und Sporen gleicht ganz der von B. asterosporus und B. tumescens. Fünf nach lebenden Zellen gezeichnete Entwickelungsstadien habe ich in Fig. 5 Taf. XXI dargestellt. In Fig. 5*a* Taf. XXI hat sich das Cytoplasma eben in den fertilen und den trophischen Abschnitt gegliedert, in *e* liegt die fast reife Spore; *b, c, d* sind dazwischen liegende Entwickelungsstadien. Das Cytoplasma des Sporangiums wird auch bei B. subtilis erst nach der Reife der Sporen, beim Zerfall des Sporangiums oder ganz kurz vorher zerstört, geht also auch hier nicht in die Sporenbildung völlig ein. Die frei gewordene Spore ist in Fig. 6 abgebildet. An der Membran erkennt man auch hier Exine und Intine; beide sind an den Polen etwas dicker als an dem Aequator. Die kontinuirliche Beobachtung der Entwickelungsgeschichte der Sporangien wurde an einer von der Nährlösung abgenommenen Kahmhaut, im Hängetropfen, in einer geräumigen feuchten Kammer untersucht. Da die Beobachtung anfangs bei einer Temperatur von 12—14 °C. stattfand, verlief der Process der Sporenbildung relativ sehr langsam. Eine etwas schwächer conturirte Vacuole als sie in Fig. 5 *a* Taf. XXI dargestellt ist, erschien 11 Uhr Morgens in einem Sporangium. Bis 11 Uhr Nachts war erst das Stadium Fig. 5 *b* Taf. XXI erreicht, um 4 Uhr des nächsten Morgens der Zustand Fig. 5 *c* Taf. XXI, dann folgte sehr schnell der Zustand Fig. 5 *d* Taf. XXI.

Da bei B. tumescens die Fetttropfen eine wichtige Rolle spielen und uns etwas weitere Aufschlüsse über den Verlauf des Sporenbildungsprocesses geben, so will ich die Entwickelungsgeschichte des Sporangiums dieses Pilzes noch etwas eingehender beschreiben. Die Figuren 7 bis 12 Taf. XXI stellen, nach continuirlicher Beobachtung, ein und dasselbe Sporangium in verschiedenen Entwickelungsstadien dar; an Fig. 12 Taf. XXI schliesst sich das Stadium Fig. 13 Taf. XXI eines anderen Stäbchens an, welches wieder in Fig. 14 und Fig. 15 Taf. XXI die fortschreitende Entwickelung der Spore zeigt. Da bei der Beobachtung der Bacterien in der feuchten Kammer niemals ganz so klare Bilder zur Anschauung kommen, als wenn man die Bacterien unter Deckglas in dünner Schicht untersucht, so sind in den Fig. 16 bis 22 Taf. XXI noch zusammengesuchte Entwickelungsstadien genau

nach lebenden Zellen abgebildet worden. In den Sporangien ist das Fett anfangs ziemlich gleichmässig vertheilt. Bei fortgesetzter Beobachtung eines Sporangiums sieht man stetige Verschiebungen der Lage der Tröpfchen vor sich gehen. Als erstes Anzeichen des Beginnes der Sporenbildung erkennt man am lebenden Sporangium das Wegrücken der Tröpfchen von der Spitze der Zelle und das Auftreten einer Sporenvacuole, welche anfangs viel schwächer lichtbrechend ist, als das sie direct umgebende wandständige Cytoplasma des Sporangiums (Fig. 7 und 16 Taf. XXI). Die Sporenvacuole nimmt weiter an Ausdehnung zu und drängt das trophische Plasma mit dem Fette mehr und mehr zurück (Fig. 9 und 18 Taf. XXI), bis die fettfreie Stelle ungefähr so lang ist als die spätere Spore; dabei wird die Vacuole schon deutlich stärker lichtbrechend als das trophische Cytoplasma, in welchem die Fetttropfen liegen. In diesem Zustande haben wir also im Sporangium zwei Abschnitte zu unterscheiden, den oberen fertilen und den unteren trophischen. Der fertile besteht aus der Sporenvacuole, welche umgeben ist von dem sich noch nicht von ihr deutlich absetzenden, homogenen fertilen Cytoplasma, welches also jetzt von Fett frei bleibt, bis die Spore sich scharf von ihm abgliedert (Fig. 20 Taf. XXI); dann kann hie und da ein Fetttropfen neben der Spore auftreten. Bei der Färbung mit Fuchsin macht der fertile Abschnitt meist einen ganz homogenen Eindruck (Fig. 42 und 43 Taf. XXI), weil sich die Sporenvacuole, welche vielleicht bald Eiweissstoffe in ihren Zellsaftvacuolen speichert, so intensiv färbt wie das sie umgebende Cytoplasma. Dass die Sporenvacuole aber in der That nicht homogen ist, sondern Zellsaftvacuolen enthält, haben wir bei B. asterosporus früher (1897 *b*, Taf. VI, Fig. 42 *a*,*e*) kennen gelernt. Das Verhalten der Kerne in dem fertilen Theile ist in derselben Arbeit S. 210 und im vorigen Kapitel dieser Arbeit geschildert worden. Ich mache nur nochmals auf Fig. 43 Taf. XXI aufmerksam, wo ein Kern *a* in der Peripherie der Sporenvacuole, ein zweiter *b* im fertilen Cytoplasma liegt. Eine ganz analoge Gliederung des Sporangieninhaltes finden wir bei den Sporangien von B. subtilis und Granulobacter, ebenso bei B. asterosporus, dessen trophischer Abschnitt, an Stelle der mit Fett oder zähen Kohlenhydratmassen gefüllten Vacuolen, mit anderen Stoffen gefüllte Vacuolen enthält. Eine ganz analoge Gliederung der jungen Sporangien ist uns auch schon längst für die Sporangien der Ascomyceten bekannt gewesen. de Bary hat schon 1863 den trophischen, bei den Ascomyceten „Glycogen“ führenden Abschnitt meist als Epiplasma bezeichnet, manchmal auch das Gly-

cogen, dessen Natur er noch nicht kannte, allein so genannt (S. 22 und 23).

Bald hebt sich nun die Sporenvacuole von B. tumescens erst sehr zart (Fig. 20 Taf. XXI), dann scharf begrenzt durch eine helle Zone (Fig. 21, 11 und 45 Taf. XXI) vom Cytoplasma des fertilen Abschnittes ab, ebenso wie das bei B. asterosporus, bei Granulobacter (Fig. 27 Taf. XXI) und B. subtilis (Fig. 5 *c* Taf. XXI) der Fall ist. Fernerhin wird die Sporenanlage stärker lichtbrechend (Fig. 12 und 22 Taf. XXI) und bildet schliesslich die Membran aus, an welcher relativ früh die Spitzchen auftreten können (Fig. 15). Die genauere Verfolgung der Bildung dieser Spitzchen könnten zur ferneren Aufklärung des Membranwachsthums der Spore von B. tumescens dienen.

Die Stellung der Spaltpilze im System der Organismen und der morphologische Werth der Morphoden der Spaltpilze.

Ich habe in meiner Arbeit über B. asterosporus (1897 *b*) auf S. 240 auf die Aehnlichkeiten zwischen den Bacteriaceen und den Ascomyceten aufmerksam gemacht und gesagt, dass ich sie im System als Schizomyceten neben die Ascomyceten stellen würde. Migula wendet sich gegen diese Ansicht. Er meint (1898, S. 150), dass die Verschiedenheit zwischen den Eumyceten und den Bacterien eine so grosse sei, dass man beide kaum mit einander in Beziehung bringen könne. Was er aber über diese Verschiedenheiten anführt, ist durchaus unrichtig. Er beruft sich zuerst auf das Fehlen der Zellkerne bei den Bacterien und bringt ferner nur noch ein Argument. Er sagt: „Es ist doch u. a. ein sehr beträchtlicher Unterschied darin zu suchen, dass bei den Bacterien die ganze Pflanze unter Bildung einer neuen resistenten Membran in den Ruhestand tritt (Migula meint also in Form der Spore), bei den Ascomyceten aber neben den Vegetationsorganen besondere Fruktifikationsorgane angelegt werden, in denen erst die Sporen entstehen.“ Das ist selbstverständlich ein merkwürdiger Einwand; denn erstens ist die Spore der Bacteriaceen ebenso wenig und ebenso viel die ganze Pflanze zu nennen wie die Spore von Pertusaria ocellata, von Saccharomyces, Taphrina, Endomyces etc., und zweitens werden auch bei den Hemiasci und Euasci die Sporangien oft morphologisch in ganz gleicher Weise gebildet wie bei den Bacteriaceen, so z. B. bei den Exoasceae. Ich glaube wir finden vorläufig weder in dem Brefeld'schen Systeme, noch in einem anderen einen besseren Platz für die Spaltpilze als der ist, welchen ich den Bacterien auf Grundlage meiner Kenntniss der

Bacteriaceen jetzt anweise. Benutzen wir z. B. Englers (1898) Bezeichnung, so würde die Stellung der Spaltpilze folgende werden können.

Unterabtheilung Eumycetes (Fungi, echte Pilze).

3. Klasse Ascomycetes.
    1. Unterklasse Hemiasci. Sporangien mit grösserer und unbestimmter Zahl der Sporen.
    2. Unterklasse Schizomycetes. Sporangien normaler Weise mit einer Spore. In vielen Fällen Schwärmoidien.
    3. Unterklasse Euasci. Sporangien, eine bestimmte Anzahl von Sporen, meist in der Potenz von zwei, selten nur eine enthaltend.

Entsprechend meiner Auffassung der Schizomyceten als Ascomyceten (im weitesten Sinne, wie hier) würden die Morphoden der Schizomyceten folgende Deutung erfahren müssen. Als phylogenetisch primäres Vegetationsorgan der Spaltpilze wäre der Zellfaden anzusehen. In der That kommt der Zellfaden bei den allermeisten Species der Spaltpilze zeitweise und unter bestimmten Umständen noch zur Entwickelung. Entsprechend der Anpassung der Spaltpilze an das Leben in Flüssigkeiten, die, wegen der Kleinheit der Individuen, den Bacterien in äusserst dünnen Schichten zur Wohnung dienen können, kamen als wirksamstes Verbreitungsmittel die Schwärmoidien, resp. gewöhnlichen Oidien, zur Ausbildung.

Da der Begriff des Oidium, wie ich ihn in meinen Vorlesungen definire und hier festhalten möchte, mit dem von Brefeld aufgestellten nicht völlig übereinstimmt, so möchte ich auf ihn hier vorerst näher eingehen. Der Name Oidium ist für eine Sporenform zuerst von Brefeld 1889 (S. 24) gebraucht worden, für welche er früher den Namen Gemme (z. B. bei Dacromyces) benutzt, und welche bei ihm (1889, S. 211) eine relativ einfache Unterart der Chlamydospore bezeichnet. Die Definition, welche Brefeld (1889, S. 245) zuletzt von den Begriffen Chlamydospore und Oidienspore gibt, ist in Tavel's (1892, S. 33) Satze kurz charakterisirt: „Die Ausdrücke Oidie, Gemme, Chlamydospore bezeichnen also alle nur eine zur Spore gewordene Fruchtträgeranlage.“ Gemme und Chlamydospore sollen dabei dasselbe bedeuten. Ich kann Brefeld nicht zustimmen, wenn er alle Oidien der Pilze als Fruchtträgeranlagen auffasst. Ich kann mir nicht vorstellen, dass alle Oidien der Ascomyceten und Basidiomyceten phylogenetisch gleich alt seien und alle den gleichen phylogenetischen Entwickelungsgang hinter sich hätten. Es liegt näher, anzunehmen, dass die Oidien der Ascomyceten und Basidiomyceten oft phylo-

genetisch spät entstanden seien und dann aus rein vegetativen Hyphen, aus typischem Mycel, hoch entwickelter Species ihren Ursprung genommen hätten. So lasse ich dieses Moment der Definition fallen und definire den Begriff folgendermassen. Oidien sind durch einfachen Zerfall von vegetativen Hyphen entstehende Sporen, also normaler Weise einzellige Verbreitungs- und Vermehrungsorgane der Pilze, welche unter allen Sporenarten in ihrer Morphologie und Psychologie den vegetativen Zellen noch am nächsten stehen. Chlamydosporen sind für mich anlalog angelegte, aber mehr als Dauerform ausgebildete Sporen. Im Anschlusse an de Bary's Namen und Begriffe der Reihengemmen und Sprossgemmen (de Bary 1884, S. 167) wende ich den Namen Reihenoidien und Sprossoidien an und bildete früher (1897 *b*, S. 242) den Namen Schwärmoidien für Oidien, welche durch die Geisseln zur biologischen Leistung der Speciesverbreitung etwas besser ausgestattet sind als die gewöhnlichen Oidien. Alle diese durch Zerfall von vegetativen Hyphen entstehenden Sporen möchte ich als Gemmen zusammenfassen.

Die Oidenbildung wird im allgemeinen bei den Eumyceten durch flüssiges Nährsubstrat begünstigt, so dass es nicht Wunder nehmen kann, wenn wir sie bei den Spaltpilzen in hoher Ausbildung finden. Wie viele Oidien der Eumyceten haben die Oidien der Bacterien die Fähigkeit, mit fortgesetztem Wachsthume auch sofort wieder weiter in Oidien zu zerfallen, ohne erst längere Zellfäden zu bilden. Typischer Weise sind die Oidien der Bacteriaceen einzellig und ein bis mehrkernig und an den Enden mehr oder weniger abgerundet. Da bei den Bacteriaceen wie bei den Ascomyceten Zelltheilung und Kerntheilung nicht eng miteinander verknüpft sind, und die Tendenz zur Bildung von Zellfäden und zur Bildung von Oidien mit einander konkurriren, so erhalten wir bei den Bacterien eine sehr grosse Mannigfaltigkeit der Bildungen, welche vielleicht am besten folgendermassen zu beschreiben sind. Die kleinsten Zellen der Bacteriaceen sind meist etwa doppelt so lang als die Sporen und bilden sich allermeist bei der Sporangienbildung in gesunden Kulturen. Wir wollen die Länge solcher kleinster Zellen einer Species als Masseinheit der Zelllängen benutzen und die längeren Zellen als zweilang, dreilang etc. bezeichnen, wenn sie zweimal, dreimal etc. so lang sind als die Normalzellen und dementsprechend auch eine grössere Zahl von Zellkernen beherbergen. Es können sich nun zuerst Zellfäden bilden, welche aus lauter Normalzellen bestehen (Fig. 67 Taf. XXI); es kann aber auch die Zergliederung des Zellfadens durch Querwände, die in

grösseren Abständen entstehen, stattfinden, oder sie kann ganz unterbleiben. So entstehen Zellfäden aus zweilangen, dreilangen etc. Zellen und eventuell aus verschieden langen Zellen, oder es entsteht eine zwanzig- bis vierziglange vielkernige Zelle, wie ich sie für B. asterosporus (1897 *b*, Fig. 29) und B. tumescens beschrieben habe.

Dazu kommt nun, dass infolge des Beginnens der Oidienbildung die Zellwände sich in ihrer Mittellamelle, unter Verquellung mittlerer Lamellen zu trennen beginnen, und dass, oft schon sobald der Ring der Zellmembran eben beginnt angelegt zu werden, oder auch erst nach der Anlage einer ganzen Zellwand, die Abrundung der zu Oidien werden sollenden Zellen an deren Enden anfängt, ehe die Verquellung der Mittellamellen beendet ist. So erhält der Zellfaden der Bacterien leicht ein gegliedertes Aussehen, wir wollen sagen: er wird „stäbig".

Jedes der Stäbchen des Zellfadens kann nun ein- bis vielzellig sein und die Stäbchen können ein bis mehrlang werden. Die Abbildungen einiger Zellfäden von B. tumescens in den Fig. 63, 64, 67, 68 Taf. XXI können zur Illustration des Gesagten dienen.

Wie die Oidien und die Chlamydosporen von Mucor racemosus direct zu Sporangien auswachsen können, wie ferner bei Taphrina die Hyphe direct in lauter Sporangien zerfallen, und bei den Saccharomyceten jedes Sprossoidium zu einem Sporangium werden kann, so kann auch bei den Bacteriaceen jede Zelle des Zellfadens oder Oidiums zu einem Sporangium werden. Das normale Sporangium ist einlang, enthält in der Jugend eine annähernd bestimmte Anzahl von Kernen, und bildet eine Spore; es kann aber durch Ausbleiben der Theilwände in einem Stäbchen ein einsporiges längeres oder ein mehrsporiges längeres Sporangium entstehen (siehe die Fig. 63, 64, 68 Taf. XXI).

Wo Schwärmoidien bei den Bacteriaceen vorkommen, brauchen diese Homologen der gewöhnlichen Oidien bei der Sporenbildung nicht zur Ruhe zu kommen, da ja bei der Sporenbildung das Cytoplasma nicht aufgebraucht wird, und es ist nach den Erfahrungen, die ich bei B. tumescens machte, möglich, dass man alle Schwärmoidien besitzenden Bacterienspecies dazu zwingen kann, die Sporen schon in den sich bewegenden Schwärmoidien zu erzeugen.

Da die Hyphe bei den Bacterien so schnell zerfällt, so tritt an Stelle der bei den Eumyceten stattfindenden Pseudogewebebildung aus Hyphen die Koloniebildung aus kurzen Zellfäden und Oidien. Bei so ausgezeichnet an ihre Lebensverhältnisse angepassten Pflanzen,

wie es die Bacterien sind, ist es zu erwarten, dass der Ersatz der Gewebebildung durch die Koloniebildung für diese zweckmässige Eigenthümlichkeiten der Species gezeitigt hat. Ich habe bei B. asterosporus früher darauf aufmerksam gemacht, dass die Koloniebildung bei dieser Species in Flüssigkeiten activ erfolgt (1897 *b*, Fig. 25), indem die Schwärmoidien nach einander hinschwimmen und, sich festsetzend, zu kleinen, kugeligen, schwimmenden Kolonien zusammentreten, die durch Schleim zusammengehalten werden. So mag vielleicht auch bei mancher anderen Species die erste Anlage der Kolonien auf dem „festen", scliesslich doch stets von einer Flüssigkeitsschicht überzogenen Nährsubstrate stattfinden. Ferner habe ich früher (1897 *b*, S. 207) darauf hingewiesen, dass die lebenden Stäbchen wahrscheinlich die Reste der absterbenden Stäbchen zu ihrer Ernährung benutzen. Ich sagte: „Diese absterbenden Stäbchen liegen theilweise in Gruppen zusammen, theilweise liegen sie vereinzelt zwischen den Sporangien. Ich habe einmal ein solches absterbendes Stäbchen beobachtet und war erstaunt, wie schnell dasselbe der Entleerung einheimfiel; es dauerte kaum vier Stunden, so dass es nicht ganz unwahrscheinlicht ist, dass benachbarte gesunde Stäbchen durch ihren Einfluss die Lösung der absterbenden Protoplasmamassen beschleunigen und die Zersetzungsprodukte selbst wieder benutzen". Auch bei B. tumescens habe ich die schnelle Lösung des Cytoplasmas absterbender Zellen wieder beobachtet und besonders auch gesehen, dass das Fett und die Membran der Lösung länger widersteht als das Cytoplasma (Fig. 53 Taf. XXI). Für derartige Lösungserscheinungen kann man selbstverständlich nur Enzyme verantwortlich machen, welche die lebenden Zellen bilden. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die bekannten peptonisierenden und diastatischen Fermente der Bacterien theilweise eine in erster Linie koloniezweckliche Bedeutung haben.

Interessant ist es mir, dass jetzt Emmerich und Löw (1899) angeben, dass die Lösung der Bacterien in der Kolonie durch ein besonderes Enzym erfolge. Wichtig würde eine Untersuchung des Verhaltens des Fettes der todten Bacterien in den Kolonien sein.

Marburg, den 5. September 1899.

Botanisches Institut der Universität.

Tafelerklärung.

Vergrösserung 3500fach, mit Ausnahme der Figuren 63—68.

Fig. 1. Schwärmoidie aus einer eben gekeimten, neun Stunden alten Agarcultur, die mit abgekochten Sporen angesetzt worden war, von B. asterosporus.

„ 2. Schwärmoidie aus derselben Cultur, nach 20 Stunden.

„ 3. Geisselpräparat von B. Proteus Zopfii mit basaler Verquellung der Geisseln.

„ 4. Schwärmoidie von B. tumescens mit relativ wenig Geisseln, aus zwölf Stunden alter Cultur.

„ 5. Sporangienfaden von B. subtilis; Sporen in verschiedenen Entwickelungsstadien.

„ 6. Reife Spore von B. subtilis.

„ 7—12. Entwickelungsstadien eines fortgesetzt beobachteten Sporangiums von B. tumescens. 7 = 9 h 10, 8 = 10 h 30, 9 = 11 h, 10 = 1 h 30, 11 = 2 h 40, 12 = 6 h. Tiefe Einstellung.

„ 13—15. Drei Entwickelungsstadien eines in der Sporenbildung fortgeschrittenen Sporangiums von B. tumescens. 13 = 9 h 45, 14 = 10 h, 3—12 h, 15 = 6 h 30, Tiefe Einstellung.

„ 16—22. Verschiedene Sporangien von B. tumescens, alle bei tiefer Einstellung, so dass das schwach Lichtbrechende hell erscheint.

„ 23. Sporangienfaden von B. subtilis, mittelst Jod gefärbt.

„ 24. Junge Schwärmoide von Granulobacter mit viel Jod gefärbt.

„ 25. Sporangium von Granulobacter mit Sporenvacuole, mit viel Jod behandelt.

„ 26. Sporangium von Granulobacter, mit sehr wenig Jod behandelt.

„ 27. Sporangium von Granulobacter, erst mit Diastase, dann mit Jod behandelt.

„ 28. Sporangium von Granulobacter, mit nicht völlig reifer Spore, durch Jod gefärbt.

„ 29. Sporangium von Granulobacter, mit völlig reifer Spore und vacuoligen trophischen Abschnitten des Cytoplasmas.

„ 30 und 31. Sporangien von Granulobacter, zur Lösung der Kohlenhydrate erst mit Speichel behandelt, dann mit Jod gefärbt. Der Speichel hatte unnöthig lange (68 Stunden) eingewirkt.

„ 32. Angeschwollene Oidie von B. tumescens aus alter Cultur, mit fünf durch Methylenblau gefärbten Kernen und den farblosen Fetttropfen.

„ 33. Sporen von B. tumescens mit Spitzen an der Membran.

„ 34. Spore im Querschnitte, mit Safranin gefärbt.

„ 35. Spore vor der Keimung, mit Kern; Formolfuchsin.

„ 36. Gekeimte Spore mit zweistäbigem Keimfaden; Formolfuchsin.

„ 37. Fettfreie Schwärmoidien mit sechs Kernen; Formolfuchsin.

„ 38. Zweistäbiges, fettführendes Schwärmoidium, dessen Stäbchen in Theilung eintreten; Formolfuchsingelb, *t* anscheinend in Theilung begriffener Kern.

„ 39 und 40. Viel Fett führende Oidien und kurzer Zellfaden in schneller Theilung begriffen; Formalfuchsinessigsäuregelb.

„ 41a und 42. Sporangien mit beginnender Sporenvacuole; Formolfuchsingelb.

„ 43. Sporangium mit grossem fertilen Abschnitte, in diesem der Kern *a* in der Sporenvacuole liegend, während der schwächer gefärbte Kern *b*, der nur bei hoher Einstellung sichtbar ist, im Cytoplasma liegt; Formolfuchsingelb.

Fig. 44. Sporangium mit einem grossen Kern inmitten der Sporenanlage, mit einem kleinen im trophischen Abschnitte des Protoplasten; Formolfuchsingelb.

„ 45. Sporangium mit abgegliederter Spore, in welchem kein Kern hervorgetreten war; Formolfuchsingelb.

„ 46. Sporangium mit schon behäuteter Spore und einem Kerne.

„ 47. Sporangien mit Kernen. Der Kern *a* liegt in der Peripherie der Sporenvacuole; der scheinbar im Centrum liegende Kern war nur bei sehr hoher Einstellung sichtbar und lag wohl im Cytoplasma des Sporangiums.

„ 48. Lebender Doppelschwärmer aus zwölfstündiger Agarcultur.

„ 49. Junges Schwärmoidium aus dem Kondenswasser einer zwölf Stunden alten Agarcultur; Formolmethylenblau-Sudan; Fett roth, Cytoplasma blau; ebenfalls von B. tumescens.

„ 50. Sporangium mit blau gefärbter Sporenanlage an der Spitze und einem blau gefärbten Zellkern; Formolmethylenblau-Sudan.

„ 51. Sporangium mit eben behäuteter Spore.

„ 52. Sporangium mit fast fertiger Spore.

„ 53. In Auflösung begriffenes Oidium, dessen Cytoplasma schon gelöst, dessen Fett noch erhalten ist; ebenfalls Formolmethylenblau-Sudan.

„ 54. Fettführendes Schwärmoidium nach Lösung des Fettes durch Eisessig.

„ 55. In Formolmethylenblau-Sudan zerquetschte Spore, aus welcher der Protoplast theilweise herausgetreten ist.

„ 56. Mit contrahirtem Protoplasten versehenes Oidium, mit sorgfältigst in ihrer Dicke wiedergegebener Membran; ebenfalls von B. tumescens.

„ 57—62. Schwärmer und Sporangien von B. asterosporus, mit Formolfuchsin gefärbt, zur Demonstration der Zellkerne.

„ 63. Sporangienkette von B. tumescens aus einer bei 28° C. gehaltenen Agartropfencultur der feuchten Kammer.

„ 64. Zellfäden aus vierlangen Stäbchen mit ein bis zwei Sporen.

„ 65. und 66. Zellfäden von B. tumescens aus der gleichen Kultur, welche einzeln lagen und in sich den Chlamydosporen ähnliche, jedoch nur kräftige Oidien vorstellende Zellen ausbildeten, während die Mehrzahl der Zellen in Lösung ging. In Fig. 23 eine Spore.

„ 67. Langer Zellfaden von B. tumescens mit Sporen, Sporangienfaden, aus der gleichen Tropfencultur.

„ 68. Angeschwollener kurzer Zellfaden aus der gleichen Tropfencultur. Es sind dies relativ spät in der Cultur entstandene Zellfäden, welche also von den Excreten der Vorgänger schon beeinflusst sind.

Litteratur.

Aronson, Zur Biologie der Tuberkelbacillen. Berliner Klinische Wochenschrift **1898**, Nr. 22, S. 484.

A. de Bary, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Leipzig **1884**.

A. de Bary, Ueber die Fruchtentwickelung der Ascomyceten, Leipzig, Engelmann, **1863**.

Dietrich Barfurth, Vergleichende histochemische Untersuchungen über das Glycogen; Archiv für mikroskopische Anatomie **1895**, 25. Bd., Seite 259.

Beijerinck, Ueber die Butylalkoholgährung und das Butylferment; Verh. d. Koninkl. Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, Tweede Sectie, Deel I. Nr. 10, **1893**.

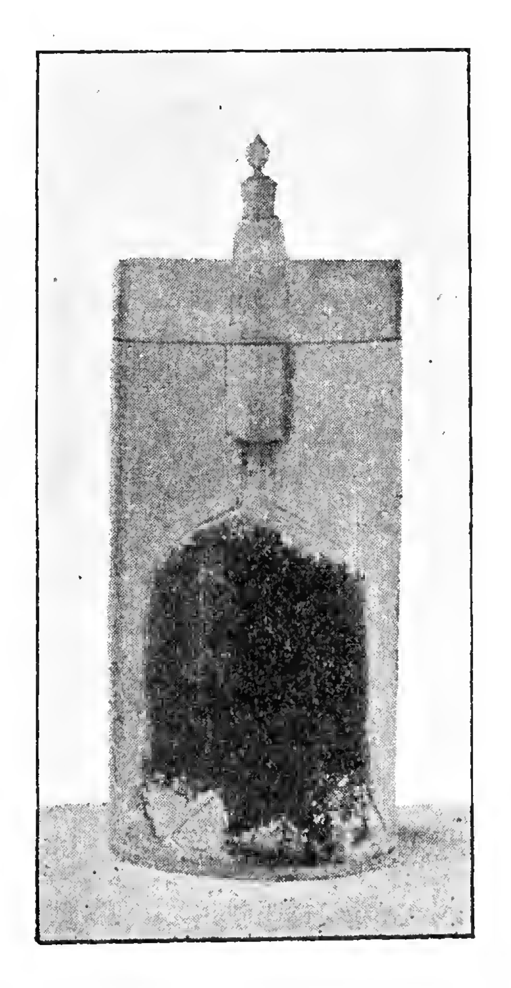
Brefeld, Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze, Leipzig 1881, Heft 4, S. 36.
— — Untersuchungen aus dem Gesammtgebiete der Mycologie, Heft VIII, 1889.
Burchhard, Georg, Beiträge zur Morphologie und Entwickelungsgeschichte der Bacterien; Arbeiten aus dem Bacteriologischen Institute der technischen Hochschule zu Karlsruhe, II. Bd., Heft 1, 1898. Verlag von Otto Nemnich.
Clautriau, Étude chimique du Glycogène chez les Champignons et les Levures; Memoires de l'Academie royale de Belgique, tome 53, 1895.
Cremer, M., Demonstration des Hefeglycogens in den Zellen und als Präparat; Münchener medic. Wochenschrift 1894, S. 825.
Emmerich, R. und Löw, Osk., Bacteriologische Enzyme als Ursache der erworbenen Immunität und die Heilung von Infectionskrankheiten durch dieselben; Zeitschrift für Hygiene und Infectionskrankheiten 1899, S. 1.
Engler, Syllabus der Pflanzenfamilien, Berlin 1898.
Errera, L'Epiplasma des Ascomycètes et le Glycogène des végetaux; Thèse, Bruxelles 1882.
Fischer, Alfred, Untersuchungen über Bacterien; Pringsheims Jahrbücher 1895, S. 103.
— — Untersuchungen über den Bau der Cyanophyceen und Bacterien, Jena 1897 *a*.
— — Vorlesungen über Bacterien, Jena 1897 *b*.
Klebs, Ueber heilende und immunisirende Substanzen aus Tuberkelbacillenculturen; Centralblatt für Bacteriologie, 1. Abth. Bd. 20, 1896, S. 500.
Koch, Alfred, Ueber Morphologie und Entwickelungsgeschichte einiger endosporer Bacterienformen; Bot. Zeitung 1888, Nr. 18, S. 277.
— R., Ueber neue Tuberkulinpräparate; Deutsche med. Wochenschrift 1897.
Külz, Ueber das Drehungsvermögen des Glycogens; Berichte der Deutsch. chem. Ges. 14, 1889, S. 371.
Meyer, Arthur, Untersuchungen über die Stärkekörner, Jena 1895, Fischer.
— — Neues über die Morphologie der Bacterienzelle und die Entwickelungsgeschichte der Bacteriensporen; Sitzungsberichte der Gesellschaft der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg 1897 *a*, Nr. 5, Juli.
— — Studien über die Morphologie und Entwickelungsgeschichte der Bacterien. ausgeführt an Astasia asterospora A. M. und Bacillus tumescens Zopf. Flora, Erg.-Bd. 1897 b, 84. Bd., Heft 3, S 185.
— — Erstes mikroskopisches Prakticum, Jena 1898.
Migula, System der Bacterien, I. Band, 1897; Fischer, Jena.
— — Weitere Untersuchungen über Astasia asterospora, Meyer; Flora 1898, S. 141.
Ruppel, W. G., Zur Chemie der Tuberkelbacillen; Hoppe-Seylers Zeitschrift für physiologische Chemie 1898, S. 218.
Schweinitz de and Dorset, Further Notes upon the Fats contained in the Tuberculosis Bacilli; Centralblatt für Bacteriologie, 1. Abth., Bd. 19, 1896, S. 707.
Tavel, Vergleichende Morphologie der Pilze, Jena 1892.
Tieghem, van, Sur le Bacillus Amylobacter et son Role dans la putrefaction des tissus végétaux; Bulletins de la Société bot. de France, tom 24, 1897, pag. 128.
— — Identité du Bacillus Amylobacter et du Vibrion butyrique de M. Pasteur, Comptes rendus, tom 89, 1879 *a*, pag. 1.
Tieghem, van, Développement du Spirillum amyliferum; Bullet. de la Soc. bot. de France tom. 26, 1879 *b*, pag. 65.
Trécul, Matière amylacée et cryptogames amylifères dans les vaissaux du latex de plusieurs Apocynées; Comptes rendus 1865, 61, pag. 156.
— — Production de plantules amylifères dans les cellules végétales pendant la putréfaction 1865, 61, pag. 432.
Zimmermann, A., Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkernes, Jena 1896.
Zopf, Die Spaltpilze, 1885.

Laboratoriumsnotizen.

1. Apparat zur Demonstration der Sauerstoffabscheidung bei der Photosynthese.

Der Nachweis des Sauerstoffs, der von assimilirenden Pflanzen ausgeschieden wird, geschieht am besten durch Entflammen eines glimmenden Holzspanes, weil daraus am klarsten ersichtlich ist, dass es sich um beinahe reinen Sauerstoff handelt. Der Versuch gelingt auch ganz sicher und ich entsinne mich nicht, dass er mir je missglückt wäre. Von Fachgenossen sind mir aber gelegentlich Aeusserungen gegentheiliger Art gemacht worden, die sich aber daraus erklären lassen, dass der Versuch gewöhnlich in nicht sehr zweckmässiger und unbequemer Art gemacht wird, wie er auch in den Lehrbüchern abgebildet wird. Man pflegt gewöhnlich einen Glastrichter umgekehrt über die in einem Glascylinder vegetirenden Wasserpflanzen zu stürzen und das Gas in einem Reagensglase aufzusammeln. Der Raum in einem Glastrichter ist aber sehr dürftig;





man kann nur wenige Pflanzen darin unterbringen oder sie werden stark zusammengepresst. Ferner ist es höchst unbequem, nachdem sich das Gas im Reagensglase angesammelt hat, dies mit dem Finger verschlossen herauszunehmen und den glimmenden Span einzuführen.

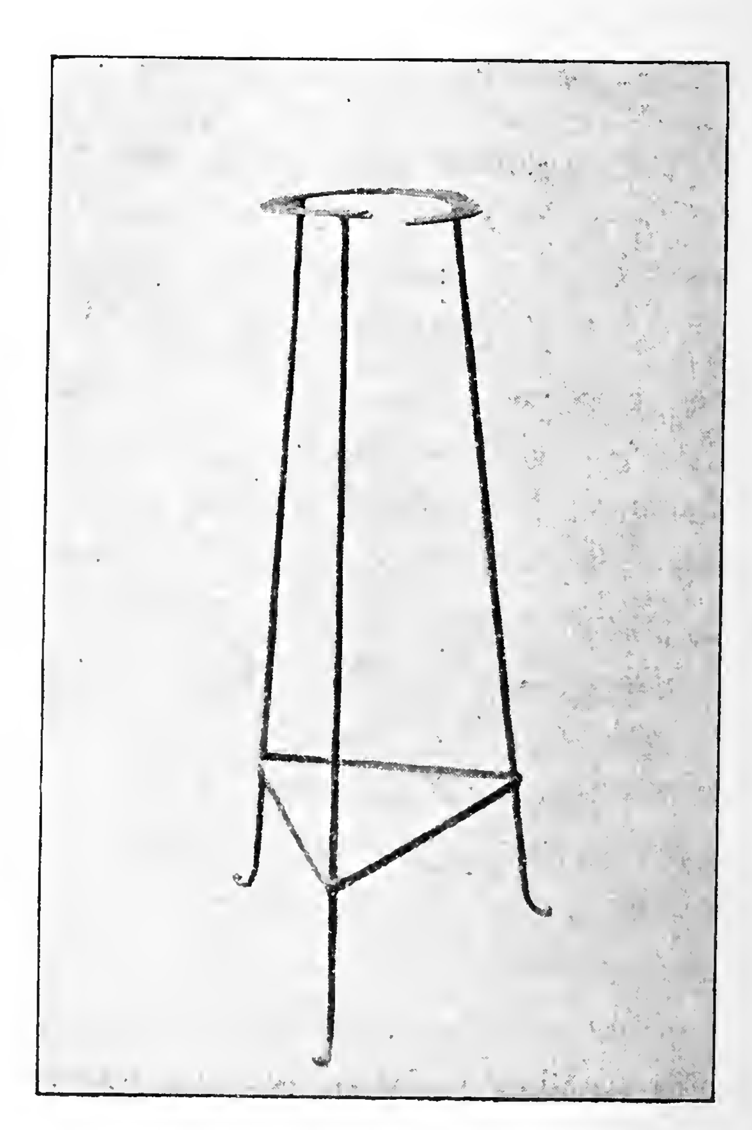
Dabei passirt es dann leicht, dass die geringe Menge Sauerstoff entweicht und der Versuch misslingt.

Man wird den lehrreichen Versuch stets mit der gleichen Sicherheit zeigen können, wenn man sich des folgenden Apparates bedient, den ich, wenn auch in einfacherer Form, schon vor vielen Jahren zusammengestellt habe, und dann in besserer Gestalt von F. Hugershoff in Leipzig habe anfertigen lassen.

In dem Glascylinder werden Elodeapflanzen mit der Glocke bedeckt, die oben ein offenes Ansatzrohr besitzt. Ueber dieses Rohr wird das Sammelgefäss für den Sauerstoff gestülpt. Man öffnet den eingeriebenen Glasstopfen, taucht das Sammelgefäss neben der Glocke ganz unter Wasser, so dass es sich füllt, verschliesst die obere Oeffnung und hebt das Gefäss über das Rohr der Glocke. Bei hellem Sonnenschein füllt sich das Gefäss in einem Tage zu $^3/_4$ mit Sauerstoff an, bei ungünstigeren Verhältnissen kann in mehreren Tagen ebensoviel Gas gesammelt werden. Wenn man 3—4 Apparate hinstellt, kann man genügend oft vor einem grösseren Auditorium das Entflammen des Spanes zeigen.

2. Eisengestell zum Umkehren von Topfpflanzen.

Die für gewisse Versuche nothwendige Umkehrung von Pflanzen macht ein bequemes Gestell nothwendig, welches ich habe anfertigen lassen. Es handelt sich hier um einen Dreifuss, an dessen Tragring ein Stück herausgeschnitten und um einen Stift beweglich ist. Man kann so bequem die Pflanze in umgekehrter Lage seitwärts einführen. Höhe des Gestells 1,20 m, oberer Durchmesser 30 cm. Um beim Umkehren des Topfes das Herausfallen der Erde zu verhindern, wird der Topf mit zwei halbkreisförmigen, in der Mitte mit einem Ausschnitt versehenen Platten von Zinkblech bedeckt, auf denen er in umgekehrter Lage ruht.



A. Hansen.

Litteratur.

An Inquiry into the seedling forms of New Zealand Phanerogams and their development by L. Cockayne (Transactions N. Z. Institute Vol. XXI).

Da die botanischen Arbeiten unserer Antipoden uns meist nicht leicht zugänglich sind, wird es nicht unerwünscht sein, wenn ich auf die vorliegende Abhandlung — die den Beginn einer längeren Untersuchungsreihe bildet — aufmerksam mache, zumal sie eine Anzahl interessanter Mittheilungen bietet.

In der Einleitung hebt der Verf. das Interesse, welches die Jugendformen nach verschiedenen Richtungen hin bieten, hervor, er macht darauf aufmerksam, dass gerade die neuseeländische Flora eine grössere Anzahl von Pflanzen enthält, bei denen die Jugendformen eine beträchtliche Abweichung von der „Folgeform“ zeigen und eine phylogenetisch offenbar primitivere Gestaltungz aufweisen. Auch Rückschläge in die Jugendform kommen vor. Referent hat solche früher für die merkwürdigen, mit Schuppenblättern versehenen und gewissen Coniferen habituell sehr ähnlichen neuseeländischen Veronica-Arten künstlich hervorgerufen und beschrieben.[1]) Der Verf. hat ganz analoge Fälle beobachtet. „Manche Arten (von Veronica) schwanken in der Formenbildung so, dass man beiderlei Blattgestalten (die der Jugend- und die der Folgeform) auf derselben Pflanze zugleich finden kann, so z. B. wenn der eine Theil derselben der Sonne und dem Wind ausgesetzt, der andere im Schatten ist. So fand ich bei 1500 m auf den Craigieburn-Bergen Veronica tetrasticha Hook. f. mit seinen Schuppen- und seinen Jugendblättern zugleich. Die letzteren traten auf, wenn ein Spross durch einen Felsen vor Sonne und Wind geschützt war.“ Der Verf. fand auch, dass die Jugendform unter den für sie günstigen Bedingungen bei manchen Formen länger beibehalten wird, als unter gewöhnlichen Umständen. Ein Sämling von Veronica Armstrongii, der im Topf in einem geschützten und etwas feuchten Kalthaus cultivirt wurde, hat seine Jugendform noch beibehalten, obwohl er über zwei Jahre alt ist und eine Höhe von über 12 cm hat. (Vgl. dazu die analogen vom Ref. a. a. O. beschriebenen Beispiele von Sagittaria u. a.) Selbst die merkwürdigen Raoulia-Arten, die „Schafpflanzen“, an denen man in der Natur nichts von Blättern sieht, da diese verhältnissmässig klein und in einem dichten Wollfilz verborgen sind, entwickeln bei der Cultur in einem Kalthause „echte Blätter“ und nähern sich in ihrem Habitus viel mehr ihren Verwandten, die nicht auf felsigem Gestein, sondern in den Ebenen und Flussbetten wachsen.

Aus dem speciellen Theile seien einige der interessanteren Beispiele angeführt. Pittosporum rigidum hat im erwachsenen Zustand ganzrandige, lederige, am Rand eingebogene Blätter. Die der Jugendform sind grösser, heller grün und fiederspaltig; es findet also eine bedeutende Reduction statt, welche die Pflanze befähigt,

---

1) Pflanzenbiologische Schilderungen I pag. 19, Fig. 9, 1889). Ueber Jugendformen von Pflanzen und deren künstliche Wiederhervorrufung (Sitz.-Ber. der Kgl. bayer. Akad. d. Wiss. math.-physik. Classe 1896, Veronica lycopodioïdes).

auf trockenem, steinigem, oft von starken Stürmen gepeitschtem Grunde zu wachsen und starkem Sonnenschein zu trotzen; die Pflanzen, die mit Pittosp rigidum zusammen wachsen, haben ganz ähnliche Blattform (Coprosma- und Hymenanthera-Arten, Panax anomalum, Clematis marata, Aristotelia fruticosa, einige Veronica-Species u. a.). Das Verhalten der Carmichaelia-Keimpflanzen ist in der deutschen Litteratur mehrfach beschrieben (so von Hildebrand und dem Referenten[1]), es mag deshalb nur Weniges angeführt sein. Cockayne beobachtete, dass C. flagelliformis auf den „Port-Hills" im vollen Sonnenschein ganz oder fast blattlos (d. h. laubblattlos) ist, im Schatten von Bäumen dagegen Laubblätter entwickelt; dem entspricht das Verhältniss zwischen der an der feuchten Westküste wachsenden dauernd beblätterten (nur im Winter blattlosen) C. grandiflora und der „blattlosen" C. robusta, die an trockenen Standorten wächst. Auch C. gracilis, die gewöhnlich „blattlos" ist, bildet im feuchten Kalthaus beblätterte Rückschlagssprosse; als sie an einen trockenen Standort im Freien versetzt wurde, waren die neu entstehenden Sprosse „almost leafless". Aehnlich verhielt sich die merkwürdige C. crassicaulis (Corallospartium crassicaule), deren „blattlose", wie todt aussehende Sprosse mir seinerzeit bei Besteigung des Mount Torlesse einen besonderen Eindruck machten; die Pflanze findet sich nur an sehr wenigen Standorten, Keimpflanzen im Freien sind noch nicht gefunden, in der Cultur aber erweist sie sich, wie andere neuseeländische Pflanzen, sehr „plastisch". Ob dies (wie mir am wahrscheinlichsten ist) auf ein geringeres Alter der Anpassung oder auf „innere Gründe" zurückzuführen ist, lässt sich derzeit nicht entscheiden. Jedenfalls sind, wenn wir von Melaleuca micromeris[2]) absehen, derzeit bei xerophilen Pflanzen keine analogen Beispiele bekannt; niemand ist es z. B. gelungen, einen Cereus oder eine Mamillaria wieder zur Blattbildung zu bringen, und ich glaube, dass dies auch nicht möglich sein wird. Denn solche Rückschläge sind, wie ich früher ausführte, eben immer nur Rückschläge auf die Jugendform, nicht auf irgend einen Vorfahren (der ja möglicherweise der Jugendform ähnlich gewesen sein kann). Wo diese (wie bei den genannten Cacteen) ausser den Cotyledonen keine Laubblätter mehr zeigt, werden sie auch bei den „Rückschlägen" nicht mehr auftreten können.

Sehr mannigfaltig sind die Jugendblattformen z. B. bei Aristotelia fruticosa, doch lässt sich eine regelmässige Reihenfolge zwischen den dünnen, eiförmigen Jugendblättern zu den lederigen „Folgeblättern" verfolgen; die Jugendform gleicht im Kleinen der A. racemosa und A. Colensoi, die nach des Verf. Ansicht den „ancestralen" Charakter mehr bewahrt haben, als die durch ihren subalpinen Standort veränderte A. fruticosa, die eine ähnliche Anpassung aufweist, wie Pittosporum rigidum. Die merkwürdige Jugendform von Pseudopanax crassifolia sei hier nicht eingehender erwähnt, da diese Art wohl noch weiterer Untersuchungen bedarf. Die angeführten Beispiele werden aber genügen, zu zeigen, wie lohnend gerade bei neuseeländischen Pflanzen derartige Untersuchungen sind.

K. Goebel.

Briefwechsel zwischen Franz Unger und Stephan Endlicher. Herausgegeben und erläutert von **G. Haberlandt.** Mit Porträts und Nach-

---

1) Flora 1889 pag. 1 ff.

2) Vgl. Organographie der Pflanzen I p. 150 (zuerst von Magnus beschrieben).

bildungen zweier Briefe. Berlin, Verlag von Gebr. Bornträger. 1899. Preis geb. 5 Mk.

Die Art naturwissenschaftlicher Arbeit bedingt es, dass — wenigstens scheinbar — die Persönlichkeit des Autors hinter dem von ihm behandelten Stoffe viel mehr zurücktritt, als dies etwa bei einem Historiker oder Philosophen der Fall ist. Dem tiefer Blickenden wird freilich nicht entgehen, dass auch in der Naturwissenschaft die Entwickelung in erster Linie bedingt und bestimmt wird nicht durch corporative Massenthätigkeit, sondern durch einzelne hervorragende Persönlichkeiten. Zu diesen sind in der Geschichte der Botanik auch Unger und Endlicher zu rechnen. Es versetzt uns ihr jetzt veröffentlichter Briefwechsel lebhaft in die Zeit, die für die Weiterentwickelung der Botanik so wichtig war, in die 30er und 40er Jahre unseres Jahrhunderts, und die Erläuterungen des Herausgebers tragen wesentlich mit dazu bei, uns in das Schaffen und die Lebensschicksale der beiden Botaniker einen Einblick zu gewähren; es wird z. B. auf Grund von Dokumenten dargethan, dass die bisherige Annahme, Endlicher habe durch Selbstmord geendigt, unrichtig ist. Man bedauert nach der Lektüre des (auch äusserlich recht gut ausgestatteten) Buches nur, dass der Herausgeber nicht auch Unger's übrige botanische Correspondenz hinzugefügt hat; es wäre von hervorragendem Interresse gewesen, den genialen Mann auch nach Endlicher's frühem Tode auf seinen weiteren Lebensschicksalen zu begleiten. K. G.

Handbuch der Blüthenbiologie, unter Zugrundelegung von Hermann Müller's Werk „Die Befruchtung der Blumen durch Insekten", bearbeitet von **Dr. Paul Knuth.** II. Band. Die bisher in Europa und im arktischen Gebiet gemachten blüthenbiologischen Beobachtungen. 2. Theil: Lobeliaceae bis Gnetaceae. Mit 210 Abbildgn. im Text, einer Porträttafel[1]), einem systematisch-alphabetischen Verzeichniss der blumenbesuchenden Thierarten und dem Register des II. Bandes. Leipzig, Verlag von Wilh. Engelmann. 1899.

Die erste Hälfte des zweiten Bandes hatte die speciellen Beobachtungen über die Blüthenbiologie von den Ranunculaceen bis zu den Compositen gebracht. Die zweite Hälfte enthält ausser dem Rest der Dicotylen auch die Monocotylen und Coniferen und die für die Benützung des umfangreichen und verdienstlichen Sammelwerkes unentbehrlichen Register. Leider ist es dem Verfasser nicht vergönnt gewesen, auch den dritten, die aussereuropäischen Pflanzen enthaltenden Theil zu bearbeiten. Nachdem er von einer Reise nach Java, Japan und Californien mit reichem Material zurückgekehrt war, ist er durch den Tod an der Vollendung seines Werkes gehindert worden. Die beiden jetzt vorliegenden Theile dürften aber die wichtigeren sein. Für die aussereuropäischen Pflanzen ist naturgemäss das Beobachtungsmaterial noch ein so lückenhaftes, dass eine Zusammenfassung zwar gewiss nützlich gewesen, aber doch rasch veraltet wäre. Hoffentlich werden aber die von dem Verf. auf seinen Reisen gemachten Beobachtungen veröffentlicht werden können. K. G.

---

1) Diese bringt die Bildnisse von Darwin, Fritz Müller, Delpino und Axell.

System der Bacterien. Handbuch der Morphologie, Entwickelungsgeschichte und Systematik der Bacterien. Von **Dr. W. Migula**, a. o. Professor an der technischen Hochschule zu Karlsruhe. Zweiter Band. Specielle Systematik der Bacterien. Mit 18 Tafeln und 35 Abbildungen im Texte. Jena, Verlag von Gust. Fischer. 1900. Preis 30 Mk.

Um welche weitläufige und schwierige Aufgaben es sich bei dem zweiten Bande des Migula'schen Werkes handelt (betreffs des ersten vgl. Flora, Bd. 84, p. 182), zeigt schon der bedeutende Umfang desselben, es sind (vom Register abgesehen) 1050 Seiten. Und dabei handelt es sich nicht etwa um eine rein compilatorische Arbeit, sondern der Verfasser hat durch eigene Untersuchungen, wo es irgend möglich war, die vorhandenen Angaben geprüft, ergänzt und berichtigt. Dass dies weder eine leichte, noch eine angenehme Aufgabe war, ist ohne Weiteres einleuchtend. Die Systematik der Bacterien ist jungen Datums, die Kleinheit der Objecte und die verhältnissmässig einfachen Gestaltungsverhältnisse erschweren die Diagnostik, und nicht wenige Arten sind leichtfertig und unter Missachtung der elementarsten Regeln der beschreibenden Naturforschung benannt worden. Die von medizinischer Seite vorgenommenen Bearbeitungen aber sind aus verschiedenen Gründen für botanische Zwecke nicht ausreichend, und man wird deshalb dem Verf. für seine mühevolle und erfolgreiche Arbeit nur dankbar sein können.

K. Goebel.

Eingegangene Litteratur.

Behrens J., Weitere Beiträge zur Kenntniss der Tabakspflanze. S.-A. aus „Die landwirthschaftl. Versuchsstationen.“ 1899.

— — Ueber das Vorkommen des Vanillins in der Vanille. S.-A. aus „Der Tropenpflanzer“. 3. Jahrg. 1899.

— — Die Braunfleckigkeit der Rebenblätter und die Plasmodiophora vitis. S.-A. aus Nr. 33 des „Weinbau und Weinhandel“. 1899.

— — Kupferpräparate und Monilia fructigena. S.-A. aus Centralblatt f. Bacteriologie etc. II. Abth V. Bd. 1899. Nr. 14.

Beiche C., Die im Saalkreise und den angrenzenden Landestheilen wild wachsenden und cultivirten Pflanzen (Phanerogamen), nebst einem Anhange: Die wichtigsten Schachtelhalme, Farne, Pilze und Schwämme des Gebietes. Halle a/S. Verlag von F. Starke. 1899. Preis 3 Mk. 50 Pfg.

Bitter G., Zur Morphologie und Physiologie von Microdictyon umbilicatum. S.-A. aus Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. 34. 1899.

Bode G., Ueber Phylloxanthin. S.-A. aus Bot. Centralblatt Bd. 79. 1899.

— — Zur Reindarstellung des Chlorophylls. Ibid. Bd. 77. 1899.

Boodle L. A., On some points in the anatomy of the Ophioglosseae. Annals of botany Vol. XIII, Sept. 1899.

Briefwechsel zwischen Franz Unger und Stephan Endlicher. Herausg und erläutert von G. Haberlandt. Berlin, Verlag von Gebr. Borntraeger. Preis gebunden 5 Mk.

Campbell D. H., Studies on the flower and embryo of Sparganium. Contributions to biology from the Hopkins seaside laboratory of the Leland Stanford university. Reprinted from the proceedings of the California Academie of sciences 30 ser. Botany Vol. I. 1899.

— — Notes on the structure of the embryo-sac in Sparganium and Lysichiton Botanical gazette Vol. XXVII, March 1899.

Carleton M. A., Cereal rusts of the united states. U. S. Departem. of agriculture Bulletin Nr. 16, issued Sept. 27. 1899.

Caspari P., Dr. M. Bach's Flora der Rheinprovinz und der angrenzenden Länder. Die Gefässpflanzen, 3. Aufl. Paderborn, Verlag von Ferd. Schöningh. Preis 4 Mk. 50 Pfg.

Chlifflot J., Sur une inflorescence monstruense d'Anthemis frutescens Hort. Extr. des Annales de la soc. botanique de Lyon XXIV. 1899.

Contributions from the botanical laboratory (university of Pennsylvania), Vol. II Nr. 1. Contents: Wilson, Observations on Conopholis americana; Schively, Recent observations on Amphicarpaea monoica; Harshberger, Water storage and conduction in Senecio praecox; Thompson, Structure and development of internal Phloëm in Gelsemium sempervirens; Bunting; Structure of the cork tissues in roots of some Rosaceous genera; Simons, Comparative studies on the rate of circumnutation of some flowering plants; McKenney, Observations on the development of some embryo-sacs; Macfarlane, observations on some hybrids between Drosera filiformis and Dr.

Copeland E. B. and Kahlenberg L., The influence of the presence of pure metals upon plants. From the transactions of the Wisconsin Academy. Vol. XII. 1899.

Cockayne L., An inquiry into the seedling forms of New Zealand Phanerogams and their development Transactions New Zealand institute Vol. XXI.

— — On the burning and reproduction of subalpine scrub and its associated plants. With special reference to Arthurs pass district. Ibid.

— — Description of new species of Astelia, Veronica and Celmisia. Ibid.

Czapek F., Zur Chemie der Zellmembranen bei den Laub- und Lebermoosen. S.-A. aus Flora, 86. Bd. (1899) 4. Heft.

Dawson M., Nitragin and the nodules of Loguminous plants. Philosoph. transactions of the royal society of London. Series 13 Vol. 192. 1899.

Engler A., Die Entwickelung der Pflanzengeographie in den letzten hundert Jahren und weitere Aufgaben derselben. S.-A. aus d. Humbold-Centenarschrift der Gesellschaft f. Erdkunde zu Berlin. 1899.

Euler H., Ueber den Einfluss der Elektricität auf Pflanzen. I. (Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens-Förhandlingar 1899 Nr. 6, Stockholm)

Farmer J. B. and Freeman W. G., On the structure and affinities of Helminthostachys Zeylanica. S.-A. aus Annals of botany. Vol. XIII, Sept. 1899.

Fritsch C., Schedae ad floram exsiccatam austro-hungaricam VIII. Vindabonae 1899.

Fuji, Spermatozoid of Ginkgo biloba (jap.). Bot. Mag. Tokyo Vol. XIII.

Ganong W., The teaching botanist, a manual of information upon botanical instruction New-York 1899.

Hansteen B., Ueber Eiweisssynthese in grünen Pflanzentheilen. S.-A. aus Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. XXXIII Heft 3.

Hartig R., Ueber die Ursachen excentrischen Wuchses der Waldbäume. S.-A. aus Centralblatt für das ges. Forstwesen Heft VII. 1899.

Jakowatz A., Die Arten der Gattung Gentiana, Sect. Thylacites Ren. und ihr entwickelungsgeschichtlicher Zusammenhang. A. d. Sitzungsber. d. kaiserl. Ak. der Wissensch. in Wien, math.-naturw. Classe, Bd. CVIII Abth. I, Mai 1899.

Jost L., Die Theorie der Verschiebung seitlicher Organe durch ihren gegenseitigen Druck. Mit 1 Taf. Bot. Zeitg. 1899 Heft XI.

Kirk Thomas, The student's flora of New Zealand and the outlying islands. Wellington 1899.

Klebs G., Zur Physiologie der Fortpflanzung einiger Pilze. II. Saprolegina mixta. S.-A. aus Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXXIII Heft 4.

Kohl F. G., Untersuchungen über die Raphidenzellen. S.-A. aus bot. Centralbl. Bd. 79. 1899.

Küster E., Ueber Gewebespannungen und passives Wachsthum bei Meeresalgen. Sitz-Ber. d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 2. Nov. 1899.

Leisering B., Ueber die Korkbildung bei den Chenopodiaceen. S.-A. aus Ber. d. Deutschen bot. Ges. Bd. XVII. 1899.

Lidforss B., Ueber den Chemotropismus der Pollenschläuche. S.-A. aus d. Ber. d. Deutschen bot. Ges. Jahrg. 1899 Bd. XVII Heft 7.

— — Weitere Beiträge zur Biologie des Pollens. S.-A. aus Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXXIII Heft 2.

— — Batologiska iakstagelser. Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar. 1899 Nr. 1.

Lloyd F. E., The comparative embryology of the Rubiaceae. Memoirs of the Torrey botanical club Vol. VIII Nr. 1, part 1. Mit 4 Taf.

Longo B., Contribuzione alla cromatolisi (picnosi) nei nuclei vegetali. Estratto del Vol. IX dell'Annuario del R. Istituto Botanico di Roma.

Loew E., Ueber ornithophile Blüthen. A. d. Festschrift z. 150jährigen Bestehen d. Kgl. Realgymnasiums zu Berlin. 1897.

Molisch H., Ueber Zellkerne besonderer Art. S.-A. aus Bot. Ztg. 1899 Heft 10.

Müller Otto, Bacillariaceen aus den Nartronthälern von El Kab (Ober-Egypten). S.-A. aus Hedwigia Bd. XXXVIII. 1899.

Nawaschin S., Zur Entwickelungsgeschichte der Chalazogamen. Corylus Avellana L. Mit 2 Taf. S.-A. aus d. Bulletin de l'Académie impériale des Sciences de St. Petersbourg Bd. X Nr. 4 (April 1899).

Nordhausen M., Zur Anatomie und Physiologie einiger rankentragender Meeresalgen. S.-A. aus Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXXIV.

Potonié H., Die morphologische Herkunft des pflanzlichen Blattes und der Blattarten. Allg. verständl. naturwiss. Abhandlungen Heft 21, Berlin, Ferd. Dümmler's Verlagsbuchhandl. 1899.

Rathay E., Eine Bacteriose von Dactylis glomerata L. A. d. Sitz.-Ber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Classe, Bd. CVIII Abth. I, Juli 1899.

Reinke J., Ueber Caulerpa. Ein Beitrag zur Biologie der Meeresorganismen. S.-A. aus Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen, herausgeg. von der Kommission zur Unters. der deutschen Meere in Kiel etc. Neue Folge, Bd. 5.

— und E. Braunmüller, Untersuchungen über den Einfluss des Lichtes auf den Gehalt grüner Blätter an Aldehyd. S.-A. aus Ber. d. deutschen bot. Ges. Bd. XVII Heft 1.

Ritter G., Die Abhängigkeit der Plasmaströmung und der Geisselbewegung vom freien Sauerstoff. S.-A. aus Flora 1899 Bd. 86.

Scott D. H., On the structure and affinities of fossil plants from palaeozoic rocks. III. On Medullosa anglica, a new representative of the Cycadofilices S.-A. aus Philosoph. transactions of the royal society of London, Series B Vol. 191. 1899.

Steinmann G., Ueber fossile Dasycladaceen vom Cerro Escamela, Mexiko. S.-A. aus Bot. Ztg. 1899 Heft VIII.

Ule E., Die Verbreitung der Torfmoose und Moore in Brasilien. S.-A. aus Engler's bot. Jahrb. 29. Bd. 3. Heft. 1899.

Ward Marshall H., Onygena equina Willd., a horn destroying fungus. S.-A. aus Philosophical transactions of the royal society of London, Series B Vol. 191.

Wieler A., Einwirkung der saueren Gase auf die Vegetation. S.-A. aus den Verhandl. des naturhistor. Vereins der preuss. Rheinlande etc. 1899.

Wünsche Prof. Dr. O., Die Pflanzen des Königreichs Sachsen und der angrenzenden Gegenden. 8. Aufl. Leipzig, Verlag von B. G. Teubner. Preis geb. 4 Mk. 60 Pfg.





